

Aprendizagem Significativa e a Modelagem Matemática - contribuições para o enfrentamento de situações problemas empresariais no Ensino Superior

Arrigo Fontana ^a

Cláudia Lisete Oliveira Groenwald ^a

^a Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECIM, Canoas, RS, Brasil

Recebido para publicação 30 mar. 2023. Aceito após revisão 30 abr. 2023

Editor designado: Renato P. dos Santos

RESUMO

Contexto: A aplicação de Modelagem Matemática em situações-problema, mostra a possibilidade de observação da existência da Aprendizagem Significativa, como um ambiente de aprendizagem para a construção do conhecimento com situações problemáticas do cotidiano profissional de estudantes matriculados na disciplina de Pesquisa Operacional do Curso de Administração da Faculdade Fisul, da Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. **Objetivos:** Objetivo principal a elaboração, a construção e o estudo de um modelo matemático que descreva e/ou explique essas situações vivenciadas no dia a dia profissional, integrados a teoria da Aprendizagem Significativa. **Design:** A metodologia utilizada nesta pesquisa foi de cunho qualitativo, onde o estudo foi embasado na teoria da Aprendizagem Significativa, na Pesquisa Operacional com a aplicação da ferramenta Solver e na Modelagem Matemática. **Ambiente e participantes:** A pesquisa foi realizada em duas turmas de 24 estudantes que frequentaram a disciplina de Pesquisa Operacional do Ensino Superior. **Coleta e análise de dados:** Foram aplicadas cinco etapas: Sondagem Diagnóstica, Organizadores Avançados, Instrumento Avaliativo, Modelagem de Problemas de Pesquisa Operacional e Atividade de Fechamento. **Resultados:** A maioria dos estudantes possui evidências da presença de subsunçores nas atividades desenvolvidas, inserindo conceitos relacionados a gestão, onde tem relação com o curso de Administração. **Conclusões:** Assim, nos resultados foi possível observar algumas evidências em relação as condições profissionais do Administrador, como a capacidade de reconhecer e de definir problemas, introduzir alterações no processo produtivo, onde se originaram os problemas e foram percebidos vestígios de construção do próprio conhecimento.

Palavras-chave: Ensino e Aprendizagem; Modelagem Matemática; Aprendizagem Significativa; Pesquisa Operacional.

Autor correspondente: Arrigo Fontana. Email: arrigo.fontana@fisul.edu.br

Meaningful Learning and Mathematical Modeling - contributions to business problem situations facing in Higher Education

ABSTRACT

Context: Mathematical Modeling's application in problems situations shows the possibility of observation of the existing Meaningful Learning as a learning environment for the construction of knowledge with problems situations of the professional daily life of students enrolled in the discipline of Operational Research of Faculdade Fisul Administration Course, at Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul. **Objectives:** the main objective is to elaborate, construct and study a mathematical model that describes and/or explain these living situations in a professional routine, integrated to the Meaningful Learning Theory. **Design:** the methodology used in this research was qualitative, in which the study was based on Meaningful Learning Theory, in the Operational Research with the applying of the Solver tool and Mathematical Modeling. **Environment and participants:** the research was carried out in two classes of 24 students who attended the discipline of Operational Research in Higher Education. **Data collection and analysis:** developed in five stages: Diagnostic Probing, Advanced Organizers, Evaluative Instrument, Modeling of Operational Research Problems and Closure Activities. **Results:** most students have evidence of the presence of subsumers in the activities developed, inserting concepts related to management, where they are related to the Administration course. **Conclusions:** based on the results, it was possible to observe some evidence in relation to the Administrator's professional conditions, such as the ability to recognize and define problems, introduce changes in the productive process, where the problems originated and traces of construction of knowledge itself were perceived.

Keywords: Knowledge and Learning; Mathematical Modeling; Meaningful Learning; Operational Research.

INTRODUÇÃO

A tarefa básica e fundamental da escola e do professor é o desenvolvimento das competências de raciocínio lógico, do pensamento crítico e da criatividade, apoiados não só na reflexão sobre os conhecimentos adquiridos pela Ciência em questão, mas também, sobre suas aplicações à tecnologia e ao progresso social (SANTOS, FRANÇA & SANTOS, 2013). Neste sentido, a Matemática vem sendo desenvolvida pelo homem em função das suas necessidades de sobrevivência no meio social, em especial, para a resolução de situações-problema da vida profissional e para reconstruir conhecimentos no dia a dia.

Optou-se pelo desenvolvimento dos conceitos da Pesquisa Operacional do curso de Administração da Faculdade Fisul, entrelaçados com a metodologia da Modelagem Matemática e a Aprendizagem Significativa, realizando um experimento que permitisse a discussão, análise e resolução de situações problema da vida profissional destes estudantes.

O objetivo geral foi: Investigar as contribuições ao processo de ensino e aprendizagem de uma articulação entre a teoria de Aprendizagem Significativa e a Modelagem Matemática em um contexto de desenvolvimento de modelos matemáticos por alunos de um curso de Administração, na disciplina de Pesquisa Operacional.

A Aprendizagem Significativa, Pesquisa Operacional e a Modelagem Matemática, segundo concepção voltada para o Ensino de Aprendizagem Matemática Crítica e suas probabilidades como ambiente de aprendizagem da Matemática, é a união desse trabalho, que também aborda as relações entre tecnologia, modelagem e trabalho com conteúdo matemático, mais especificamente, como possibilidade de construção e análise de modelos que possibilitem a abordagem do tema específico de cada acadêmico, em ambiente informatizado, no Ensino Superior. Acredita-se que essa abordagem se constitui numa ferramenta que auxilia alunos a resolver, entender melhor e se posicionar criticamente diante de situações-problema e obstáculos advindos da vivência, na vida acadêmica e fora dela.

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

A Aprendizagem Significativa, sendo essa um processo que envolve interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual define como subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 2011a). É a partir desse ponto de apoio, que deve decorrer a aprendizagem dos novos conceitos ou, como resume Moreira (2006, p. 38): “a Aprendizagem Significativa é o processo por meio do qual novas informações adquirem significado por interação (não associação) com aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva”.

Ausubel (1963, p. 58), entende Aprendizagem Significativa como “o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento”. Moreira (2011b, p. 36) afirma que “um indivíduo aprende significativamente quando consegue relacionar, de maneira substantiva (não

literal) e não arbitrária, a nova informação com uma estrutura de conhecimento específica que faz parte integrante da sua estrutura cognitiva prévia”.

Para Moreira (2011, p. 40), os subsunçores são “conceitos ou proposições claras, estáveis, diferenciadas, especificamente relevantes - na estrutura cognitiva”, e também são chamados de conhecimentos prévios ou ideias âncora. Esses subsunçores servem para ancorar novos conhecimentos. Moreira (2011, p. 26) reconhece que:

O conhecimento prévio serve de matriz ideacional e organizacional para a incorporação, compreensão e fixação de novos conhecimentos quando estes “se ancoram” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Novas ideias, conceitos, proposições, podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras ideias, conceitos, proposições, especificamente relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito e funcionem como pontos de “ancoragem” aos primeiros (Moreira, 2011b, p. 26).

Quando a Aprendizagem Significativa não se efetiva, o aluno utiliza a aprendizagem mecânica, isto é, “decora” o conteúdo, que não sendo significativo para ele é armazenado de maneira isolada, podendo inclusive ser esquecido em seguida, segundo a teoria de Ausubel (1976). É o caso de estudantes que, após completarem a prova, esquecem tudo, inclusive o que lhes foi ensinado. Aqui pode ser observado que alguns não se dispõem a aprender de maneira “mecânica”, portanto, acabam não aprendendo de maneira alguma. Esses são aqueles alunos que reprovam até mais de uma vez num mesmo ano letivo escolar. É indispensável, ainda mais nesses casos, utilizar estratégias que contemplem oportunidades de Aprendizagem Significativa. A aprendizagem mecânica leva muitos alunos, e até professores, a acreditarem que o ensino se efetivou. Quando o estudante consegue reproduzir nas avaliações o conteúdo, tal qual foi transmitido pelo professor, ocorre essa crença de que houve aprendizagem. Nesse contexto, muitas aprovações para a série seguinte acontecem não havendo aprendizagem de fato.

Como já vem sendo apresentado em alguns estudos, a prática do ensino da aprendizagem está ligada a compreensão, raciocínio lógico e reflexão. A reflexão deve ocorrer onde há participação mútua do processo, colocando-se como ferramenta em situação de cooperação e de entendimento, dessa forma, desenvolvendo atividades para instigar as sustentações cognitivas do aluno.

Para o processo de elaboração do conhecimento, o aluno tem um papel muito importante, pois o professor deve ser um agente desafiador para que o processo ocorra.

O desafio que se estabelece para os educadores é descobrir e fazer despertar motivos para a aprendizagem, tornando as aulas atraentes para os adolescentes, trabalhando conteúdos relevantes que permitam compartilhamento com outras experiências (além da escola) e tornando a sala de aula um ambiente altamente estimulante para a aprendizagem, construindo real confluência com a aprendizagem de fato.

Essa linha de estudos é acentuada, segundo Rios (2010), que por intermédio do gesto de ensinar, o professor, proporciona aos discentes, a importância da compreensão do aluno. Num exercício de mediação, cria o encontro com a realidade, considerando o saber que já possuem e procurando articulá-lo a novos saberes e práticas.

Alro e Skovsmose (2010) enfatizam que, embora a aprendizagem seja uma experiência individual, ela acontece em contextos sociais encharcados por relações interpessoais e advertem que a qualidade da comunicação no contexto escolar interfere diretamente na aprendizagem. Para eles não existe relação de dominação em um diálogo, pois ele é imprevisível. Professor e alunos agem conjuntamente, analisando suas próprias perspectivas, bem como as perspectivas dos outros participantes do diálogo.

Os autores enfatizam que o diálogo é caracterizado por oito atos de comunicação:

- Estabelecer contato - criar uma sintonia entre os participantes prestando atenção nas perspectivas um do outro num clima de confiança;
- Perceber perspectivas – processo de examinar possibilidades, criar hipótese. Algumas falas: O que mais você sabe disso? O que é isso? Explique melhor...;
- Reconhecer – reconhecer uma perspectiva para explicar o que estão fazendo;
- Posicionar-se – dizer o que pensa com receptividade às críticas referentes ao seu posicionamento. Rejeitar suas ideias sem argumentação denota insegurança;

- Pensar alto – tornar o pensamento público. Questões hipotéticas podem surgir;
- Reformular – parafrasear, elucidando o processo argumentativo;
- Desafiar – o desafio é bem-sucedido quando os participantes o compreendem;
- Avaliar - feedback construtivo.

Conforme Rihs e Almeida (2017), no atual contexto do mundo em constante transformação da tecnologia da informação, o professor deverá ter o seu planejamento da aula para que a aprendizagem seja provocada, levando em consideração que o importante é elaborar perguntas que instiguem o indivíduo a vivenciar a busca e verificar as várias possibilidades de respostas.

Para dar sentido ao que está sendo ensinado é necessário organizar “atividades com as quais o aluno possa generalizar, diferenciar, abstrair e simbolizar os conceitos trabalhados” (Anastasiou, 2006, p. 22). A Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1980) propõe explicar o processo de aprendizagem que ocorre na mente humana, por meio da organização e integração do material na estrutura cognitiva¹. Para Ausubel: “a Aprendizagem Significativa envolve uma interação seletiva entre o novo material de aprendizagem e as ideias preexistentes na estrutura cognitiva” (Ausubel, 2003, p. 3) permitindo uma ancoragem – termo que sugere a ligação de ideias preexistentes com as novas ao longo do tempo. Entende-se então que, “no processo de subsunção, as ideias subordinantes preexistentes fornecem ancoragem à Aprendizagem Significativa de novas informações”. Os autores Moreira e Masini (1982) declaram que na operação da Aprendizagem Significativa, a nova sapiência interage com uma estrutura de conhecimento específica que Ausubel define como subsunções existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Portanto, as ligações que necessitam ser estabelecidas entre as informações não devem ser comuns para que uma aprendizagem seja significativa. Ausubel (2003) declara que é algo complexo e que depende dos elementos pré-existentes na estrutura cognitiva.

De acordo com Ausubel (1973, p. 25), subsunção é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que

¹ A estrutura cognitiva é o resultado dos processos por meios dos quais se adquire e utiliza o conhecimento.

armazena experiências prévias do sujeito. Em Física, por exemplo, se os conceitos de unidades de medida já existirem na estrutura cognitiva do estudante, esses servirão de subsunçores para novas informações referentes aos conceitos de velocidade e aceleração.

Na ausência de subsunçores, sugere-se o uso de organizadores prévios, mecanismos pedagógicos auxiliares na ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que irá adquirir de acordo com Ribeiro (2011). Nesse caso, o organizador prévio faz papel de mediador alterando as ideias preexistentes, preparando-as para o estudo do material posterior: “apresentam-se os organizadores a um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendidos” (Ausubel, 2003, p. 11).

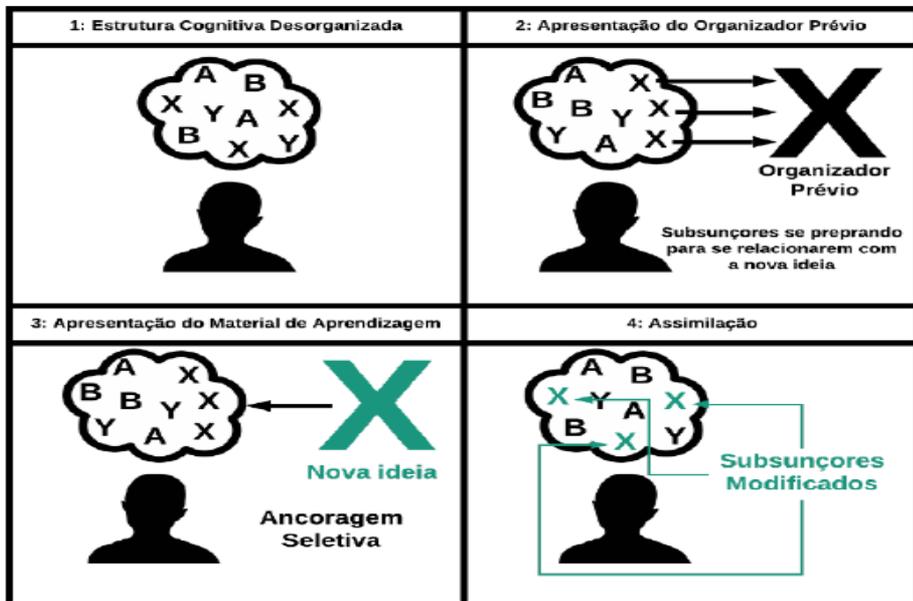
A utilização de organizadores prévios justifica-se pelo caso dos conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz não serem suficientes para que seja estabelecida relação com os novos conhecimentos propostos pelo material de instrução. Dessa forma, o organizador prévio modifica os conhecimentos prévios, capacitando-os para receber os novos conhecimentos. A Figura 1 apresenta uma ilustração, a qual representa o funcionamento básico de um organizador prévio.

Os referidos organizadores no contexto mencionado também podem servir como ativadores de subsunçores, os quais não estavam sendo usados pelo estudante. Todavia estão presentes na sua estrutura cognitiva. Segundo Moreira e Masini (2006), os organizadores prévios podem se apresentar sob a forma de textos, filmes, esquemas, desenhos, fotos, perguntas, Mapas Conceituais, entre outros. São apresentados ao estudante, primeiramente, em nível de maior abrangência, permitindo a integração dos novos conceitos aprendidos. Torna-se assim mais fácil o relacionamento da nova informação com a estrutura cognitiva já existente.

Cabe um destaque de acordo com Moreira (2006) ao introduzir um novo conceito deve-se valer dos subsunçores que ancoram o mesmo, com o uso dos conceitos e proposições sobre esses temas. Segundo Moreira (1999), há possibilidade do estudante possuir os subsunçores, e esses não se apresentarem ativos em sua estrutura cognitiva. Nesse contexto, o professor deve desenvolver um trabalho com organizadores prévios, para preparar e/ou ativar os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do estudante.

Figura 1

Representação do funcionamento de organizador prévio. (Adaptado de Ribeiro, 2011).



Os recursos de ensino usados pelo professor devem objetivar a associação do material novo com o apresentado anteriormente, por meio de referências de comparações presentes em atividades que demandam o uso do conhecimento de maneira nova. Essa é uma forma de agilizar o processo de subsunção segundo Moreira e Masini (2006).

Ausubel, Novak e Haniensem (1980, p. 42) alertam que a Aprendizagem Significativa “não deve ser interpretada simplesmente como a aprendizagem de material significativo” na Aprendizagem Significativa; os materiais são potencialmente significativos se apresentarem significados. Ou seja, a aquisição de novos significados se completa por definição, antes mesmo de qualquer tentativa de aprendizagem. Sob essa visão, o professor deve conduzir o estudante a identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva, explicando-lhe a importância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material. Ausubel, Novak e Haniensem (1980, p. 42) complementam o exposto, salientando que o conteúdo precisa conter relações importantes para oferecer uma visão geral do material em um nível mais elevado de abstração, bem como,

forneem elementos organizacionais inclusivos, que destaquem o conteúdo específico do novo material.

O conhecimento prévio é de fundamental importância na construção do conhecimento e no processo de elaboração das relações entre os conceitos, pois quando se apresenta um conteúdo novo ao aluno, esse utiliza dos seus conceitos, concepções, representações adquiridas durante experiências anteriores, como instrumento de leitura e interpretação do novo material. Dessa forma, ao professor que busca um ensino que proporcione uma Aprendizagem Significativa é notavelmente importante que faça uma representação da estrutura conceitual e proposicional do que pretende ensinar e firmar os conhecimentos prévios dos alunos. É desse ponto em diante que se inicia o processo de ensino (Moreira, 2006).

A resolução de problemas é uma forma na qual o professor pode explorar os conhecimentos prévios dos estudantes a partir de situações-problema. Ausubel et al. (1980), retrata que a resolução de problemas representa uma forma de atividade ou pensamento dirigido, na qual tanto a representação cognitiva da experiência prévia como os componentes da situação-problema são reorganizados para assegurar um determinado objetivo num processo de ensino e aprendizagem. Resolver uma situação-problema pode ser apontado como um meio para promover tal aprendizagem. O aparecimento do insight (luz), segundo concepção de Ausubel (2003), provém de um processo de clarificação progressiva sobre relações de meio-e-fim fundamentadas na formulação, verificação e rejeição de hipóteses alternativas.

A escola, como meio social que propõe o ressignificar da aprendizagem, tem nos docentes, a função de identificar o que os estudantes apresentam de conhecimentos e proporem diversas formas de potencializá-los.

Motivação, autocontrole, afetividade e exploração dos conhecimentos prévios destacam-se, dentre outros, como significativos elementos influentes da aprendizagem. Para aprender, significativamente, é indispensável que o aluno se visualize como órgão do processo e se proponha a aprofundar-se no conteúdo que pretende aprender, estabelecendo relações entre esse e o saber que já possui.

Para que a aprendizagem ocorra de forma significativa é necessário a disposição do indivíduo para relacionar o conhecimento como existência de um conteúdo mínimo em sua estrutura cognitiva, cercado com subsunçores suficientes para suprir as necessidades relacionadas e materiais a serem assimilados com potencial significativo.

Em resumo, direcionando essa teoria para a pesquisa que irá se desenvolver sobre capacidades e habilidades, baseados nos conceitos da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, em nível de Ensino Superior, é possível que o acadêmico de Administração já tenha desenvolvido experiências profissionais relacionadas à tomada de decisões. Já pode ter se utilizada, também, da capacidade de observar, compreender e analisar a complexidade da organização em que atua, de entender as inter-relações entre os diferentes setores da empresa e de transferir conhecimentos da vida cotidiana para o ambiente de trabalho.

Nessa pesquisa, pretendeu-se relacionar a Aprendizagem Significativa de Ausubel com a Modelagem Matemática, analisando a Modelagem Matemática na forma de aprendizagem do aluno, a fim de que se possa observar que ela seja absorvida, não de forma arbitrária e sim, por compreensão.

Um dos instrumentos que pode ser utilizado pelos alunos para organizar os processos de ensino e aprendizagem é a construção de Mapas Conceituais. Os Mapas Conceituais ajudam os alunos a estabelecerem relações significativas entre o que já sabem e o que precisam compreender, funcionando como um método de aprendizagem. A teoria de Ausubel para o desenvolvimento dos Mapas Conceituais cita três ideias básicas. A primeira concebe o acréscimo de novas aprendizagens como construções a partir de conceitos relevantes e proposições já presentes numa estrutura de conhecimentos do sujeito. A segunda vê a estrutura cognitiva como organização hierárquica, com os conceitos mais abrangentes, mais inclusivos, ocupando os níveis mais altos na hierarquia e os conceitos mais específicos, mais ou menos inclusivos, incorporados pelos conceitos mais gerais. E no terceiro momento, quando a Aprendizagem Significativa ocorre, os relacionamentos entre conceitos tornam-se mais explícitos, mais precisos e mais bem integrados com outros conceitos e proposições (NOVAK; CAÑAS, 2006).

MODELAGEM MATEMÁTICA E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

A Modelagem Matemática segundo Bassanezi (2002), busca investigar situações-problema do cotidiano e que tem por objetivo a construção ou o conhecimento de um modelo matemático que descreve a situação real para a tomada de decisão. Também busca saber quais são os conceitos básicos envolvidos no processo da Modelagem Matemática, no contexto que estão inseridos.

A Modelagem Matemática é associada, em geral, a dois componentes, a problemática, proveniente de um fenômeno do mundo real, e o modelo matemático, estrutura Matemática utilizada para representar esse fenômeno. A atividade de Modelagem ocorre quando uma abordagem Matemática é empregada de modo que o modelo matemático forneça uma resposta para a problemática em questão.

Os modelos matemáticos são de grande importância para as Ciências e as Engenharias em geral, especialmente, a partir do instante em que o computador digital veio simplificar, significativamente, a tarefa do cálculo. Nesse sentido, os recursos tecnológicos (computador, tablets, celular, etc.) estão ou deverão ser incluídos no processo de ensino e aprendizagem, discutindo quais recursos são importantes para o desenvolvimento da Educação.

Para Borssoi (2017, p. 143) “inúmeras pesquisas apontam que ambientes de ensino e de aprendizagem não devem ser dissociados das tecnologias de informação e comunicação, pois estas podem promover experiências positivas de aprendizagem”. O uso da tecnologia durante o processo de ensino e aprendizagem considera a mente humana semelhante a um sistema computacional, e capaz de receber informações do sistema sensorial e processá-las, representando internamente o mundo externo.

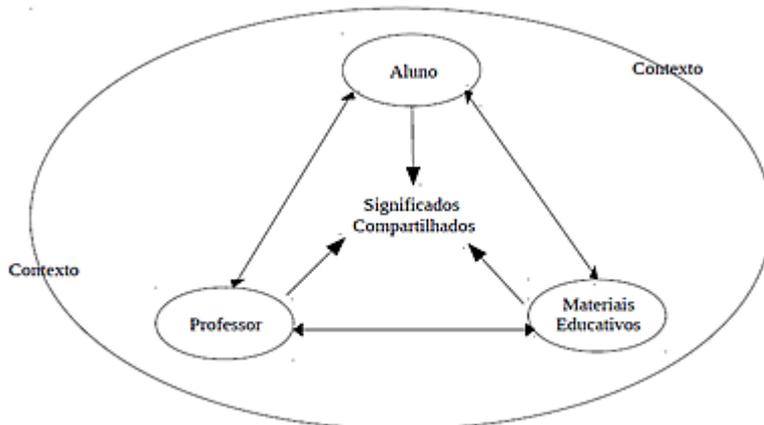
Nesse contexto, considera-se que a Modelagem Matemática pode ser uma estratégia para auxiliar na Aprendizagem Significativa, pois, de forma geral, aborda problemas reais, levando o aluno a investigar, transformando-os em problema matemático, participando da própria aprendizagem, o que segundo “a modelagem, consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los, interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (Bassanezi, 2002, p. 16).

Conforme Moreira (2011a), a relação triádica, proposta por D. Bob Gowin na década de 1980, onde o conhecimento é construído a partir da interação entre professor, aluno e materiais educativos, deve passar a ser quádrica, onde haveria, não apenas a interação entre os três elementos citados anteriormente, mas também existiria a interação com o computador, atualmente, com a tecnologia, conforme Figura 2.

Conforme a Figura 3, há um novo cenário, o qual representa o modelo de inter-relação entre o material educativo, professor e aluno, expõe e media os significados para que se possibilite a Aprendizagem Significativa, complementado pelo uso da tecnologia, configurada pelo computador.

Figura 2

A Aprendizagem Significativa na visão interacionista social de Gowin, 1981.
(Moreira, 2011a, p. 163).



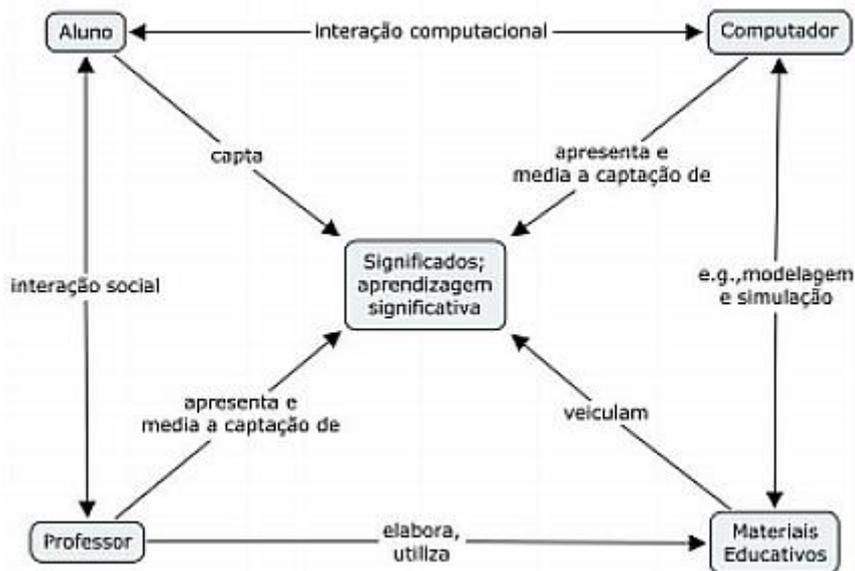
Oferecer recursos auxiliares, como a tecnologia, é uma das maneiras de orientar os alunos para um processo de ensino e aprendizagem, no qual sintam-se corresponsáveis pela construção de conhecimentos. Permitir diferentes representações para um objeto matemático, dentre outras potencialidades, é o que esse processo tem a oferecer.

Segundo Diniz e Borba (2012), para representar melhor uma situação-problema, pode-se utilizar a simulação e a previsão para que possam encontrar novos valores que sejam inseridos no contexto. Assim, para Lévy (2000, p. 166), a simulação possibilita a capacidade de variar com facilidade parâmetros de um modelo e observar imediata e visualmente as consequências dessa variação constitui uma verdadeira ampliação da imaginação.

Para Zanato, Strieder e Campos (2020), nessa perspectiva, o uso das tecnologias no processo de ensino e aprendizagem significa enriquecer, interagir e construir o conhecimento.

Figura 3

A Aprendizagem Significativa (captação de significados) na visão computacional. (Moreira, 2011a, p. 172).



No momento em que o professor se depara com cenários de investigação, está sujeito a concentrar-se em uma zona de risco². Conforme identificaram Borba e Villareal (2005), as dúvidas deverão ser encaradas e, posteriormente, as tecnologias, em especial, os computadores, deverão ser utilizados como um processo de reorganização do pensamento. No entanto, o uso da tecnologia desafia a autoridade do professor e também sai da zona de conforto, possibilitando ao aluno, num espaço de tempo relativamente curto, experimentações ricas, quando comparadas a atividades com lápis e papel. Todavia, viabiliza diferentes formas de representação, como a algébrica, a

² Zona de risco é um conceito proposto por Penteadó (2004, apud Skovsmose, 2008, p. 35 que se refere ao fato de o professor não poder prever todos os acontecimentos em sala de aula, estando sujeito a questionamentos inesperados para os quais possivelmente não tenha respostas prontas.

numérica e a gráfica, adequando-se às diversas particularidades de aprendizagem.

Conforme Barbosa (2001), “a Modelagem Matemática é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a problematizar e investigar, por meio da Matemática, situações-problema com referência na realidade, ou seja, problemas vivenciados”. Quando o professor traz o aluno para sua realidade, a sistematização do conteúdo fica mais fácil de ser interpretada e compreendida, facilitando ao aluno encontrar a solução de um problema específico da sua realidade.

Os autores Barbosa (2001), Burak e Aragão (2012), também dizem que a Modelagem Matemática é um meio de romper com modelos prontos de ensinar Matemática e oportunizar aos alunos a participação ativa no seu processo de ensino e aprendizagem, fazendo relação do conhecimento matemático com o seu cotidiano e adquirindo uma Aprendizagem Significativa.

PESQUISA OPERACIONAL E A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

No Brasil, a Pesquisa Operacional iniciou-se, basicamente, na década de 1960. Segundo Arenales et al (2007, p. 3):

o primeiro simpósio brasileiro de Pesquisa Operacional foi realizado em 1968 no ITA, em São José dos Campos, São Paulo. Em seguida, foi fundada a SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional), que publica o primeiro periódico científico Pesquisa Operacional há mais de 25 anos. O livro 25 Anos de Pesquisa Operacional no Brasil, edição comemorativa do Jubileu de Prata da SOBRAPO, lançado em 1993, contém relatos da história da Pesquisa Operacional no Brasil e de pesquisadores pioneiros no país³.

Para os autores Bilinski e Fernandes (2016), a Pesquisa Operacional é dita como estudo que desencadeia processos, sugerindo um conjunto de possibilidades e ações mediante o processo organizacional. Arenales et al.

3 Em Campello et al. (2003) e Bornstein et. al. (2004), estão descritos os feitos de outros dois pesquisadores que deram uma contribuição significativa para o crescimento e a consolidação da Pesquisa Operacional no país.

(2007), certificam que Pesquisa Operacional se constitui no desenvolvimento de metodologias científicas de sistemas complexos, simulando estratégias e decisões nos modelos. Objetivam aperfeiçoar a forma de operar, planejar os diversos sistemas e apoiando definição de políticas e tomada de ações com base científica. Essa definição foi proposta na primeira página do periódico inglês *Operational Research Quarterly*, em 1967. Em conceitos mais recentes, Pesquisa Operacional possui foco no processo de tomada de decisão, utilizando métodos matemáticos e ferramentas de software e hardware juntamente com várias áreas científicas interligadas para articular e modelar problemas, identificando os objetivos e restrições em que o sistema irá operar objetivando otimizar resultados e, conseqüentemente, o aumento do desempenho corporativo.

Sá, Arpini e Santos (2019) institui Pesquisa Operacional como a ciência de conhecimento que estuda, desenvolve e usa métodos matemáticos para resolver problemas objetivando à otimização de recursos e também para auxiliar na tomada de decisões mais efetivas e de gerar sistemas mais lucrativos.

Para Loesch e Hein (2009. p. 1), a Pesquisa Operacional se classifica como uma ciência do conhecimento. Eles afirmam que ela “como ciência estrutura processos, propondo um conjunto de alternativas e ações, fazendo a previsão e a comparação de valores, de eficiência e custos”.

Atualmente, a Pesquisa Operacional é considerada uma ferramenta quantitativa utilizada pelas empresas essencialmente para a resolução de problemas nos mais distintos segmentos de atuação, conforme Moreira:

A Pesquisa Operacional lida com problemas de como conduzir e coordenar certas operações em uma organização, e tem sido aplicada a diversas áreas, tais como indústria, transportes, telecomunicações, finanças, saúde, serviços públicos, operações militares etc. (Moreira, 2010, p. 3).

Corroborando as ideias dos autores referidos, a Pesquisa Operacional é uma ferramenta Matemática que contribui na atuação das tomadas de decisão em circunstâncias reais. Também pode ser definida como recurso indispensável, uma vez que se apresenta como estratégia para tomada racional de decisões gerenciais, substituindo as decisões empíricas, geralmente utilizadas nos mais diversos cenários. Tais ações demonstram a flexibilidade da técnica, adaptável a quaisquer tipos de situações, desde que existam dados numéricos sobre o determinado processo.

Hillier e Lieberman (2010, p. 4) citam exemplos de aplicações da Pesquisa Operacional como forma de resolução de problemas de otimização. Alguns exemplos citados são:

- maximizar as operações de produção nas fábricas químicas para atingir os objetivos de produção (eivar quantidade e qualidade, por exemplo) a um custo mínimo;
- otimizar o desenho de uma rede de transporte rodoviário e suas rotas, isto é, entregar mais em menos tempo;
- maximizar o lucro na alocação de tipos de aeronaves em voos domésticos. Em outras palavras, decidir quantos e quais tipos tamanhos de aviões fariam tais voos minimizando o desperdício de recursos (lugares disponíveis, pessoas, combustível, etc.);
- programar a escala de funcionários para fornecer um nível de atendimento ao cliente adequado a um custo mínimo.

A Pesquisa Operacional tem o objetivo fundamental de buscar o melhor aproveitamento de recursos, podendo ser, entre outros, a otimização de uso de máquinas, matérias-primas, mão-de-obra, etc.

Uma das condições de se aplicar a Pesquisa Operacional é por meio da Programação Linear (PL).

A programação linear é um dos mais importantes instrumentos do campo de Pesquisa Operacional. É a área de conhecimento que fornece um conjunto de procedimentos voltados para tratar problemas que envolvem a escassez de recursos. São passíveis de solução, com o emprego de Programação Linear, os problemas nos quais se busca a melhor alocação de recursos, atendendo as restrições determinadas e atingindo de otimização. Essas limitações podem referir-se ao valor ou a forma de distribuição dos recursos (Corrar et al., 2007).

A Pesquisa Operacional "[...] 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. Esse 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).

Segundo Caixeta-Filho (2014), Programação Linear é um aprimoramento da técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes. Tem por vantagem incorporar uma equação linear adicional representativa relacionada ao um comportamento que deve ser otimizado.

De acordo com Loesch e Hein (2011), a Programação Linear se mostra como a resolução de problemas de maximização (lucros) ou minimização (custos) de algum objetivo, sujeitos a um conjunto de restrições. O método utilizado para essa resolução recebe o nome de Modelagem, na qual é construído um modelo matemático que sintetize a essência do problema. Ainda, de acordo com esses autores, na Modelagem de Programação Linear, devem ser estabelecidas: a) as variáveis do problema, ou seja, aquilo que se pode controlar e que se deseja saber exatamente o valor; b) a função objetivo, sempre que se deseja maximizar ou minimizar determinado objetivo, expresso em função das variáveis do problema; c) as restrições, também são expressas em função das variáveis do problema e limitantes das combinações dessas a determinados limites.

Partindo da ideia de Santos et al. (2016) a Pesquisa Operacional, devido ao seu caráter multidisciplinar e científico, pode produzir contribuições significativas, podendo ser estendida por, praticamente, todos os ramos do conhecimento, desde a Engenharia à Medicina, em especial na Gestão Empresarial.

Em consonância com Almeida e Valente (2011), Costa (2013, p. 30) também ressalta que “[...] a informática aplicada aos processos educacionais pode oferecer um caminho de mudanças para a velha escola. É claro que nunca como “salvadora da pátria”, porém como mais uma ferramenta a serviço dos professores”. Conforme Couto (2017, p. 175), o avanço tecnológico da informática e da telecomunicação, além de impactar a economia, também provoca mudanças nas práticas culturais. Dessa forma, torna-se essencial que a escola e seus profissionais utilizem as Tecnologias de Informações e de Comunicação (TIC) integrando-as, continuamente, nos processos de ensino e aprendizagem, de maneira a aproveitar as vantagens que elas podem proporcionar no trabalho pedagógico e contribuir na construção do conhecimento, pois acredita-se que essas ferramentas possam servir como benéficas, para uma Aprendizagem Significativa do conteúdo da disciplina de Pesquisa Operacional em específico a resolução de problemas.

PERCURSO METODOLÓGICO

A pesquisa caracterizou-se por uma abordagem qualitativa. O grupo de participantes da pesquisa envolveu 24 (vinte e quatro) alunos do curso de graduação em Administração, da Faculdade Fisul, localizada na cidade de Garibaldi, Serra Gaúcha, foram realizados dois experimentos com alunos/acadêmicos no curso de Administração, matriculados da disciplina de Pesquisa Operacional.

Foram estabelecidas etapas a serem desenvolvidas no decorrer do processo de Modelagem Matemática das situações problemas, integrando com a Aprendizagem Significativa, com o desenvolvimento de Mapas Conceituais. As etapas seguidas foram as seguintes:

- 1. Sondagem Diagnóstica** - objetiva identificar os conhecimentos prévios ou subsunçores presentes nos alunos, permitindo o planejamento de atividades adequadas aos alunos que favorecessem uma aprendizagem individualizada e significativa, por meio de instrumentos de pesquisa com questões envolvendo situações problemas englobando os conteúdos matemáticos de: proporcionalidade, leitura e interpretação de problemas, operações aritméticas, sistemas lineares de equações/inequações do 1º grau e representação gráfica de uma equação/inequação do 1º grau.
- 2. Organizadores Avançados** - processo de resolução de situações relacionados às temáticas da Pesquisa Operacional, que apresentam conexão entre o conhecimento prévio do aluno e o que deveria ser desenvolvido no processo de resolução e Modelagem das situações reais e contextualizadas, apresentadas pelos estudantes no experimento realizado. Essa etapa foi planejada seguindo os pressupostos da teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), no processo de Modelagem Matemática e na Pesquisa Operacional. Os recursos utilizados no processo de aprendizagem e resolução dos problemas planejados, nessa etapa, envolveram a ferramenta Solver para avaliar o uso dos Organizadores Avançados, que serviram de base (âncora) para a nova aprendizagem, envolvendo um processo de mediação do professor/pesquisador.
- 3. Instrumento Avaliativo** - identificar se os estudantes ampliaram o conhecimento com o uso do diferencial da ferramenta Solver,

avaliando, assim, o uso da atividade dos Organizadores Avançados, que serviram do foco para a nova aprendizagem.

- 4. Modelagem de Problemas de Pesquisa Operacional** - etapa de resolução de problemas investigados pelos estudantes. Essa etapa foi subdividida em 4 fases: Construção de Mapas Conceituais com os problemas propostos pelos estudantes; Modelagem Matemática com problemas de Pesquisa Operacional propostos pelos estudantes; Reconstrução dos Mapas Conceituais com os problemas propostos pelos estudantes; Reconstrução dos modelos matemáticos e resolução final dos problemas.
- 5. Atividade de Fechamento** - levantamento dos dados oriundos das observações durante o experimento, da análise do processo de resolução de problemas e Modelagem Matemática, dos Mapas Conceituais iniciais e finais, bem como, da entrevista semiestruturada.

EXEMPLO DESENVOLVIDO COM OS PARTICIPANTES DA PESQUISA

Um dos problemas a ser analisado da etapa Sondagem Diagnóstica foi: *Um negociante mandou seu empregado pesar três sacos de milho. O empregado voltou exausto e disse: O primeiro e o segundo sacos, juntos, têm 110 quilogramas. O primeiro e o terceiro, juntos, têm 120 quilogramas. E o segundo e o terceiro, juntos, têm 112 quilogramas. Mas o comerciante queria saber quantos quilogramas tinha cada saco. Para o empregado não se cansar mais, descubra isso para ele. Descreva o processo para resolver a questão.*

Percebeu-se que o Aluno 2, conforme Figura 4, obteve a resposta usando um sistema de equações com três equações e com três incógnitas, havendo assim predominância de procedimentos algébricos.

Em relação a etapa do Instrumento Avaliativo tem-se: *Uma empresa do ramo de confecções está considerando quanto deve produzir de seus dois modelos de terno, denominados Executivo Master e Caibem, de forma a maximizar o lucro. É impossível produzir quanto se queira de cada um, pois existem limitações nas horas disponíveis para costura em máquina e acabamento manual. Para a costura, existe um máximo de 180 horas-máquina disponíveis e para o acabamento existe um máximo de 240 homens-hora. Em termos de lucro unitário e produção, os dois modelos de terno apresentam as seguintes características:*

<i>a) Executivo Master</i>	<i>b) Caibem</i>
<i>- Lucro unitário: R\$ 120,00</i>	<i>- Lucro unitário: R\$ 70,00</i>
<i>- Horas-máquina de costura por unidade: 2</i>	<i>- Horas-máquina de costura por unidade: 1</i>
<i>- Homens-hora de acabamento por unidade: 2</i>	<i>- Homens-hora de acabamento por unidade: 4</i>

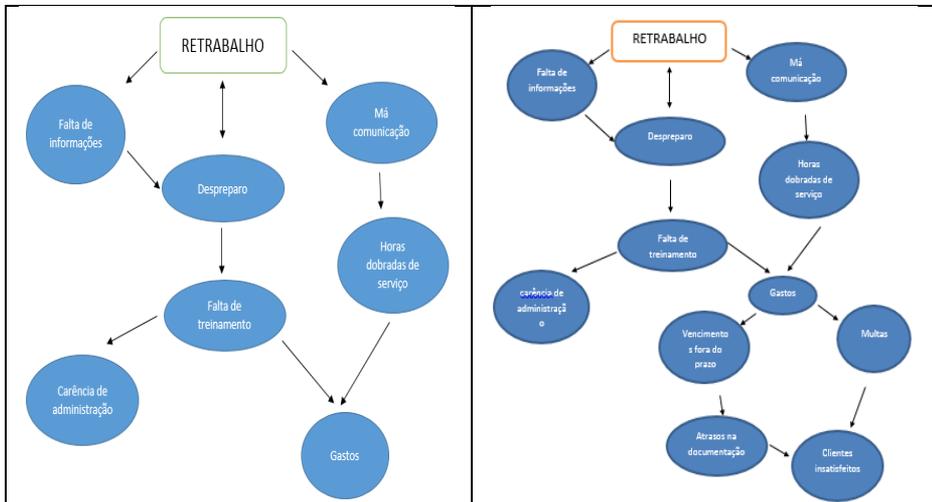
Formule o problema como um modelo de programação linear. E encontre a solução ótima.

Quanto ao resultado, houve 100% de acertos dos acadêmicos, ou seja, todos os alunos souberam encontrar a resposta mediante um sistema de equações/inequações, juntamente com o auxílio da ferramenta, o que leva a inferir que o grupo de alunos apresentou os subsunçores relacionados à capacidade de resolver um sistema de equações, possível e determinado, mediante o processo de apoio para a nova aprendizagem.

A próxima etapa do experimento, solicitada pelo professor/pesquisador, foi que os estudantes investigassem e propusessem problemas da vida profissional e que envolvessem as temáticas de estudo. Para a análise, as etapas foram agrupadas com a construção de Mapas Conceituais e a reconstrução dos mesmos. Na Figura 5, perfaz a construção e a reconstrução dos Mapas Conceituais Inicial e Final do Aluno 18, interligando conceitos aplicados a gestão.

Figura 5

Mapa Conceitual Inicial e Final do Aluno 18.



Na Figura 5, analisando o mapa do Aluno 18, nota-se que elencou aspectos visando a aprendizagem de conceitos e possibilitando a associação entre eles, favorecendo, dessa forma, a diferenciação progressiva dos conceitos gerais, transcorrendo aos intermediários e, por fim, chegando aos específicos, constituindo em um elemento estratégico com potencial eficácia (MOREIRA, 2003).

Os mapas representam o conhecimento estabelecido por conceitos e a sua construção começa a partir do domínio de conhecimento de cada sujeito, ou seja, essa construção “[...] não é realizada de forma artificial, mas sim levando em consideração o conhecimento do mundo a que se pertence e como a ele se responde” (Cervantes, 2006, p. 30). Também, segundo a autora, “para a organização de um domínio, desde a sua representação até a sua recuperação, estudam-se, primeiramente, os conceitos que compõem esse campo do conhecimento e as relações que se estabelecem entre eles” (Cervantes, 2006, p. 26).

Conforme os mapas do Aluno 18, percebe-se que os conceitos teóricos foram ampliados quando associados aos conhecimentos que se relacionam com suas vivências, visando assim um espaço que se preocupe com a aprendizagem, juntamente com os significados para a vida/empresa, que propicie a formação

de sujeitos atuantes, críticos e conscientes. Segundo Rodrigues (2011, p. 60), “os Mapas Conceituais podem ser usados na organização e, também, na análise do conteúdo, [...] como um recurso didático diferenciado de representar a informação da forma textual”.

A construção do conhecimento se verifica com a observação dos acontecimentos e objetos que existem ao nosso redor. Esses, por sua vez, não são descobertos, e sim, construídos pela natureza ou pelo ser humano, como o conhecimento. Por isso, Novak (1984) define o conceito como uma regularidade nos acontecimentos ou nos objetos, que se designam por certos termos, utilizados como palavra-chave no Mapa Conceitual. Dessa forma, tem-se a aprendizagem conceitual, que se faculta à representação de símbolos particulares, que Ausubel chamou de conceitos, sendo definidos como objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos de critérios comuns e se designam pelo mesmo signo ou símbolo (AUSUBEL, 2003, p. 94).

A construção de Mapas Conceituais realizada pelo estudante ou pelo professor, institui um ponto habilidoso com potencial eficiência, quando o professor expõe o conteúdo presente em sua estrutura cognitiva, por intermédio da sua exposição e quando construído pelo aluno, recai em uma perspectiva da Aprendizagem Significativa.

Face aos resultados observados com relação aos mapas iniciais e finais, se pode inferir que os alunos os representaram de formas distintas, com subsunçores diferentes, havendo assim, modificações que foram percebidas de forma diferente e, conseqüentemente, evoluíram, principalmente, inserindo conceitos relacionados a gestão, onde tem relação com o curso de Administração atrelado à disciplina de Pesquisa Operacional.

Dando seqüência a Modelagem Matemática com problemas de Pesquisa Operacional propostos pelos estudantes e a reconstrução dos modelos matemáticos. Para ilustrar as mudanças na concepção da situação-problema inicial em relação ao modelo matemático final conforme Tabela 1, segue como exemplo o Aluno 2.

Tabela 1

Comparação entre a situação-problema inicial e final do Aluno 2

Situação-problema inicial	Situação-problema final
<i>A máquina injetora de grande porte injeta vários tipos modelos de peças</i>	<i>A máquina injetora Romi 800 toneladas, injeta principalmente dois</i>

plásticas que são componentes de produtos produzidos na empresa. Inicialmente vamos somente trabalhar algumas peças componentes do produto cortador de grama e carrinho de mão. Para produzir uma unidade de P1 ou uma unidade de cortador de grama a empresa demora 3 horas, e para fabricar por completo uma unidade de carrinho de mão, P2, demora 2 horas. O período de tempo estudado é de um trimestre, consideramos 2100 horas devido à máquina trabalhar 24 horas por dia.

$X_1 = \text{carcaça}$

$X_2 = \text{caçamba}$

$$3 X_1 + 2 X_2 \leq 2100$$

modelos de peças plásticas que são componentes de produtos produzidos na empresa. A carcaça P1 componente do produto cortador de grama e a caçamba P2, componente do produto carrinho de mão. O lucro obtido pela empresa na venda dos produtos é de R\$ 650,00 para o produto P1, cortador de grama e de R\$ 120,00 para o produto P2 que é o carrinho de mão. Para produzir uma unidade de P1 ou uma unidade de cortador de grama a empresa demora 3 horas, e para fabricar por completo uma unidade de carrinho de mão, P2, demora 2 horas. O período de tempo estudado é de um trimestre, sendo que nesse foram consideradas 2100 horas devido à máquina trabalhar 24 horas por dia. A demanda esperada para cortadores de grama P1 é de 620 unidades trimestrais e de carrinhos de mão P2, 1050 unidades trimestrais. O desafio foi desenvolver um plano de produção para que a empresa maximize os seus lucros considerando especificamente esses dois itens.

Na Tabela 1, o Aluno 2 tem uma visão bastante simplificada em relação ao todo na situação-problema inicial, ou seja, não está traduzida corretamente da linguagem natural para a linguagem matemática, como no exemplo, não estava claro se o problema tratava de minimizar ou maximizar. A inclusão de novas restrições e as variáveis de não negatividade, perante a situação-problema inicial, fica mais nítida na situação do problema final, definindo, assim, a função objetivo do problema propriamente dito.

A seguir, apresenta-se a descrição do modelo matemático final:

$P_1 = \text{produto 01} = \text{carcaça (cortador de grama)}$

$P_2 = \text{produto 02} = \text{caçamba (carrinho de mão)}$

Portanto:

*Lucro de P_1 : $650,00 * X_1$ (Lucro da unidade de P_1 x quantidade de produção de P_1)*

*Lucro de P_2 : $120,00 * X_2$ (Lucro da unidade de P_2 x quantidade de produção de P_2)*

Onde o Lucro total: $L = 650 X_1 + 120 X_2$

Portanto o objetivo é maximizar

$$L = 650 X_1 + 120 X_2$$

Restrições existentes no sistema do modelo matemático:

A disponibilidade de 2100 horas de produção referentes a um trimestre.

*Horas ocupadas com P_1 : $3 * X_1$ (uso por unidade x quantidade produzida).*

*Horas ocupadas com P_2 : $2 * X_2$ (uso por unidade x quantidade produzida).*

Total de horas ocupadas em produção: $3 X_1 + 2 X_2$

Disponibilidade total de horas 2100.

Restrição descritiva da situação: $3 X_1 + 2 X_2 \leq 2100$

Disponibilidade de mercado para os produtos:

Para P_1 : 620 unidades

Quantidade a produzir de P_1 : X_1

Restrição descritiva: $X_1 \leq 620$

Para P_2 : 1050 unidades

Quantidade a produzir de P_2 : X_2

Restrição descritiva: $X_2 \leq 1050$

Portanto a construção do modelo matemático:

$$\text{Max } L = 650 X_1 + 120 X_2$$

Restrições:

$$3 X_1 + 2 X_2 \leq 2100$$

$$X_1 \leq 620$$

$$X_2 \leq 1050$$

$$X_1 \geq 0; X_2 \geq 0$$

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos no software *Solver*:

Tabela 2

Cálculo do Solver Aluno 2.

X_1	620		
X_2	120		
<i>Função Objetivo</i>	417400		
<i>Função Restrição</i>	2100	\leq	2100
	620	\leq	620
	120	\leq	1050
	620	\geq	0
	120	\geq	0

De posse das respostas do modelo matemático inicial, houve a comparação da realidade do experimento, ocorrendo duas hipóteses, onde os resultados obtidos de acordo com a concepção do aluno foram aceitos em relação a situação-problema, sendo adequado ao processo em questão e outros vislumbram novos dados a serem observados, corroborando com a dinâmica do processo de modelagem, alterando seu modelo matemático, conforme Warwick (2007) sugere, que o processo de modelagem ocorre em etapas, em específico, a comparação com a realidade.

E por fim, a última etapa foi a Atividade de Fechamento que pergunta o seguinte: *De que forma os resultados obtidos a partir do software solver serão utilizados nas situações problema (organização/empresa) a que se aplicam?*

Conforme apontam Rodrigues e Santos (2013) e Ragsdale (2009), cabe salientar a fala do Aluno 15:

A empresa já dispõe de um leque de clientes fixos, afim de atender esse publico, o salão já vinha atendendo apenas com hora marcada. Por não conhecer a ferramenta, se trabalhava com encaixes de serviços entre um procedimento e outro. O problema é que, ou sobrava tempo ocioso, ou faltava tempo para acabar de realizar os procedimentos. Com os resultados obtidos a partir da ferramenta, o tempo passou a ser mais bem adiministrado, e o Solver provou que é desta forma que terá o maior lucro (ALUNO 15).

Em relação à fala do Aluno 15, em se tratando do problema analisado numa empresa familiar de pequeno porte, as condições de interpretar problemas matemáticos e de todas as áreas do conhecimento em específico o “salão de beleza”, trouxe experiências significativas, favorecendo o desenvolvimento de habilidades em resolver situações-problema do cotidiano e contribuir para a compreensão dos conteúdos da disciplina de Pesquisa Operacional nas atividades voltadas à realidade. Ao realizar uma análise em seu trabalho, o Aluno 15, vislumbrou a capacidade de pensar estrategicamente e introduzir modificações no processo produtivo do trabalho desenvolvido.

Diante do exposto, percebe-se haver indícios de estabelecimento de algumas ações estratégicas, tomadas pelo setor responsável da instituição, como por exemplo: “aumento de mão-de-obra”, “avaliação das sobras”, “redução de compras” e contratação de uma pessoa para “pensar e agir estrategicamente”, bem como, a proposição de mudanças nos sistemas produtivos, no entanto, não havendo evidências suficientes para afirmar que tais metas e ações sejam ou tenham sido, de fato, implementadas nas respectivas organizações em questão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que foi possível identificar a elaboração de atividades de ensino voltadas para o estudo de Pesquisa Operacional, que associa o uso de recursos tecnológicos e propõe atividades de Modelagem Matemática, buscando oferecer ambientes de ensino que possibilitem uma Aprendizagem Significativa.

No intuito de apurar os conhecimentos prévios dos estudantes foi aplicado um exercício de Sondagem Diagnóstica. Os resultados apresentados, analisados com viés na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), demonstraram evidências da presença de subsunçores, os quais mostraram

relação com a capacidade de resolução e reconhecimento da relação de proporcionalidade, de forma direta ou inversa. Alguns dos resultados apresentados pelos estudantes não foram satisfatórios, sendo necessária a utilização de Organizadores Avançados, instrumento pedagógico de planejamento, que objetivou auxiliar os estudantes com dificuldades na aquisição de conhecimentos. Após a aplicação do instrumento, verificou-se que foram diminuídas as dificuldades.

Uma das formas que evidencia a percepção da ocorrência de Aprendizagem Significativa acontece quando os próprios estudantes formulam e resolvem seus problemas de pesquisa com base em situações reais, aplicando isso na atividade final de Modelagem Matemática. Isso pode ser visto, por exemplo, em relação ao Aluno 4, quando ele busca estabelecer um controle dos custos para fabricação de pães, ou então, o Aluno 9, que busca uma forma de maximizar o lucro na produção de queijo. Nesses casos, o grau de independência adquirido pelos estudantes na atividade final de Modelagem Matemática ficou em evidência.

Evidências de Aprendizagem Significativa também foram percebidas ao longo da carreira do estudante, nos momentos em que ele se relacionou com os conceitos trabalhados. A Aprendizagem Significativa acontece o tempo todo, de forma contínua e progressiva, com foco principal na compreensão dos fatos, transferindo conhecimentos, captando significados de situações não vivenciadas no dia a dia.

De um modo geral, em relação à identificação de conhecimentos finais, construídos ou expandidos, foi possível evidenciar que a disciplina de Pesquisa Operacional possibilitou a compreensão de conceitos para a maioria dos estudantes nos dois experimentos desenvolvidos, pois os participantes da pesquisa foram capazes, não somente de fazer uso adequado dos conceitos na resolução dos problemas propostos, mas também, de expressá-los adequadamente em linguagem natural, apresentando soluções criativas e, por meio da discussão, reflexão e organização dos conhecimentos necessários, apresentar a resolução em um trabalho de grupo e mediado pelo professor/pesquisador.

DECLARAÇÃO DE CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

A.F. e C.L.O.G. conceberam a ideia apresentada. A.F. desenvolveu a fundamentação teórica, realizou as atividades e coletou os dados sob a instrução

de CLOG. A.F. e C.L.O.G verificaram os dados. Todos os autores participaram ativamente da discussão dos resultados. C.L.O.G revisou e aprovou a versão final do trabalho.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados que sustentam os resultados dessa pesquisa serão disponibilizados pelo autor correspondente, AF, mediante solicitação procedente.

REFERÊNCIAS

- Almeida, M. E. B. & Valente, J. A. (2011). *Tecnologias e currículo: Trajetórias convergentes ou divergentes?* Paulus.
- Alro, H., Skovismose. (2010). O. *Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática*. Tradução de Orlando Figueira. 2. ed. Autêntica.
- Anastasiou, L. das G. C.; Alves, L. P. (orgs.). (2006). *Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em sala de aula*. 6. ed. Univille.
- Arenales, Marcos, Armentano, Vinícius, Morabito, Reinaldo, & Yanasse, Horacio. (2007). *Pesquisa Operacional: para cursos de engenharia*. 6. ed. Elsevier. 524 p.
- Ausubel, David Paul. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune and Stratton.
- Ausubel, David Paul, Novak, Joseph D. & Hanesian, Helen. (1980). *Psicologia Educacional*. Trad. De Eva Nick e outros. Interamericana.
- Ausubel, David Paul. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Plátano.
- Ausubel, David Paul. (1973). *Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento*. El Ateneo.
- Ausubel, David Paul. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas.
- Barbosa, Jonei Cerqueira. (2001). *Modelagem Matemática: Concepções e Experiências de Futuros Professores*. 253f. Tese (Doutorado em

Educação Matemática) -Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

- Bassanezi, Rodney Carlos. (2002). *Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática: uma nova estratégia*. Contexto.
- Bilinski, P. A. & Fernandes C. W. N. (2016). *Aplicação da Pesquisa Operacional na otimização da lucratividade de uma empresa do segmento de marcenaria*.
- Borba, M. & Villareal, M. E. (2005). *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*. Springer.
- Bornstein, C. T., Yanasse, H. H. & Abreu, N. M. M. Roberto Galvão. (2004). 60 anos – reflexões, retrospectiva e reconhecimento. *Pesquisa Operacional*, 24, 3-6.
- Borssoi, A. H. (2017). Tecnologias Digitais como componentes de Ambientes Educacionais voltados à Aprendizagem do Aluno. In: Silva, A. P.; Dalto, J. O, Org(s). *Educação Matemática e Pesquisa: algumas perspectivas*. (p. 143-164). Livraria da Física.
- Burak, Dionisio & Aragão, Rosália M. R de. (2012). *A Modelagem Matemática e relações com a Aprendizagem Significativa*. CRV.
- Caixeta-Filho, Vicente José. (2014). *Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais*. 2. ed. Atlas.
- Campello, R. E., Ribeiro, C. C., Pereira, M. V. F. & Abreu, N. M. M. (2003). Nelson Maculan Filho: cientista e educador. *Pesquisa Operacional*, 23, 5-28.
- Cervantes, B. M. N. (2006). *Terminologia do processo de inteligência competitiva: estudo teórico e metodológico*. Eduel.
- Corrar, L. J.; Theóphilo, C. R. (coordenadores). (2007). *Pesquisa Operacional para decisão em contabilidade e administração: contabilometria*. Atlas.
- Costa, F. A. (2013). O potencial transformador das TIC e a formação de professores e educadores. In: Almeida, M. E. B., Dias, P., & Silva, B. D. (orgs.). *O cenário de inovação para a educação na sociedade digital*. Loyola.

- Couto, Edvaldo; Ferraz, M. do C. Gomes; Pinto, J. de C. Almeida. (2017). Tecnologias digitais e a promoção da eficácia e da equidade no contexto escolar. *Textura*, Canoas, 19(40), 173-188.
- Diniz, L. N. & Borba, M. C. (2012). Leitura e Interpretação de Dados Prontos em um Ambiente de Modelagem e Tecnologias Digitais: o mosaico em movimento. *Bolema*, 26(43), 935-962.
- Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Cornell University Press.
- Hillier, Frederick S. & Lieberman, Gerald Jerry. (2010). *Introdução à Pesquisa Operacional*. McGraw-Hill.
- Lévy, P. (2000). *Cibercultura*. 2. ed. 34.
- Loesch, Cláudio; Hein, Nelson. (2009). *Pesquisa Operacional: fundamentos e modelos*. Saraiva.
- Moreira, Marco Antônio. (1999). *Teorias de aprendizagem*. EPU.
- Moreira, Marco Antônio & Masini, Elcie Aparecida Fortes Salzano (2006). *Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel*. 2ª ed. Centauro.
- Moreira, Marco Antônio. (2011). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. Livraria da Física.
- Moreira, Marco Antônio. (2011a). A Teoria da Aprendizagem Significativa como Teoria Construtivista. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(1), 36-57.
- Moreira, Marco Antônio. (2011b). *Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares*. Livraria da Física.
- Moreira, Marco Antônio. (2010). *Aprendizagem Significativa Crítica*. Instituto de Física da UFRGS. 2ª edição.
- Moreira, Marco Antônio & Masini, E. A. F. S. (1982). *Aprendizagem Significativa: a teoria de aprendizagem de Davi Ausubel*. Moraes.
- Moreira, Marco Antônio & Greca, Ileana M. (2003). Cambio Conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.

- Novak Joseph D & Cañas, Alberto J. (2006). The origins of the concept mapping tool and the continuing evolution of the tool. *Information Visualization*, 5, 175–184.
- Penteado, M. G. (2004). *Redes de trabalho: expansão das possibilidades da informática na educação matemática da escola básica*. In: Bicudo, M.A.V; Borba, M.C. (Orgs.). *Educação Matemática em movimento* (p. 283-295). Cortez.
- Ragsdale, C. T. (2009). *Modelagem e Análise de Decisão*. 6. ed., Cengage.
- Ribeiro, R. João. (2011). *Curta de animação como organizador prévio no ensino de Física*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 143 f.
- Rihs, A. A. & Almeida, C. F. (2017). A teoria da Aprendizagem Significativa: o enfoque de David Ausubel. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – Unipac*.
- Rios, Terezinha Azerêdo. (2010). *Compreender e ensinar: por uma docência da melhor qualidade*. 8. ed. Cortez.
- Rodrigues, M. R. (2011). *Os mapas conceituais para a visualização de conceitos de áreas do conhecimento em unidades de informação*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biblioteconomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 112f.
- Rodrigues, E. C. N. & Santos, Y.B.I. (2013) Aplicação da Programação Linear na Minimização dos Custos de Produção em uma Indústria de Processamento de Açaí de Pequeno Porte no Município de Belém. In: *Anais do XX SIMPEP*.
- Sá, L. C.; Arpini, B. P. e Santos, P. H. (2019). *Pesquisa operacional no campo da logística: explorando interfaces*. Edifês.
- Santos, M., Lima I. C., Paixão A. C., Dias F. C. & Reis, M. F. (2016). *Proposta de otimização do mix de produção utilizando o método simplex: um estudo de caso de uma confecção de moda íntima do município de Cordeiro – RJ*.
- Santos, J. Almeida, França, K. Vieira & Santos, L. S. Brun. (2013). *Dificuldades na aprendizagem da Matemática*.

- Skovsmose, Ole. (2008). *Desafios da reflexão em educação Matemática*. Papirus.
- Warwick, J. (2007). Some reflections on the Teaching of Mathematical Modeling. *The Mathematical Educator*, 17(1), 32-41.
- Zanato, A. R.; Strieder, D. M. e Campos, T. A. (2020). O uso das TICS nas escolas brasileiras: percepção dos professores de ciências. *Revista Atlante Cuadernos de Educación y Desarrollo*.