

MODELAGEM MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA DE GESTÃO EM UMA ESCOLA-FAZENDA

MATHEMATICAL MODELING AS A PEDAGOGICAL MANAGEMENT TOOL IN A FARM-SCHOOL

Carina Simionato de Barros*
Augusto Hauber Gameiro*

RESUMO

Utilizou-se a modelagem matemática em um programa de formação de professores e gestores que atuam na agropecuária de modo que pudessem entender a estratégia e contribuir para formular uma lógica de planejamento agropecuário a ser aplicado na escola-fazenda em que atuam. A formação foi realizada com etapas presenciais e à distância e ao final do processo foi possível validar o modelo para uso pedagógico e gerencial. O modelo formulado serviu como ferramenta de ensino e aprendizagem mobilizando conhecimentos, promovendo reflexões e instigando para resolução de problemas. Com a modelagem foi possível trabalhar as diferentes classes do domínio cognitivo, identificar novos temas para projetos de pesquisa na própria escola e motivar os professores para seu uso como prática pedagógica.

Palavras-chave: Aprendizagem. Competência. Ensino. Escola-fazenda. Mediação.

ABSTRACT

The mathematical modelling was applied in a training program for teachers and managers that work in agriculture and livestock to understand the strategy and contribute to formulate an agricultural planning applied in farm-school in which they work. The training was conducted with face to face meetings and video conferences. The final meeting was dedicated to validation of the model for pedagogical and management tool. The formulated model served as a tool for teaching and learning, mobilization of knowledge, promoting reflection and solving problems. The modeling mobilized different classes of cognitive domain, identified new subjects for research projects in the farm-school and motivated the teachers for use as a pedagogical practice.

Keywords: Learning. Competence. Teaching. Farm-school. Mediation.

Introdução

As escolas-fazenda têm como objetivo proporcionar um ambiente de aprendizagem para formação de alunos que desejam atuar na agropecuária, de modo que

* Laboratório de Análises Socioeconômicas e Ciência Animal (LAE), Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade de São Paulo (USP). carinaveter@gmail.com e gameiro@usp.br.

possam viabilizar práticas que propiciem o aprender a fazer fazendo. Sendo assim, a escola-fazenda precisa dispor de atividades pecuárias, agrícolas e agroindustriais diversificadas para o processo de ensino e aprendizagem. No contexto de Cursos Técnicos em Agropecuária, tem-se as escolas-fazenda em regime de internato, nas quais o aluno reside na escola. Nesse caso, além do ambiente de aprendizagem, há necessidade de manutenção do sistema para atender alunos e funcionários, que envolve o autoabastecimento.

Na escola-fazenda deve-se conciliar educação e produção. Isso torna o gerenciamento complexo exigindo profissionais qualificados munidos de ferramentas para tomada de decisão de modo que utilizem os recursos da forma mais eficiente possível considerando a limitação de recursos (área para cultivo e criação, mão de obra, hora-máquina e capital). Soma-se ainda, o fato de que algumas criações ou culturas devem ser mantidas, mesmo que não sejam viáveis economicamente, mas para proporcionar um ambiente de aprendizagem e vivência para os alunos. Neste contexto, surgem questões como: o que produzir? Quanto produzir? É mais viável produzir ou comprar produtos no mercado? A disponibilidade de recursos é compatível com a produção atual? Qual a melhor forma de alocar os recursos disponíveis dentro da fazenda? Estas e diversas outras questões são frequentes no ambiente de uma escola dessa natureza.

A busca por essas respostas foi o estímulo para a realização desta pesquisa. Percebe-se que essas questões são relevantes e suas respostas fundamentais para o planejamento e a manutenção de uma escola-fazenda. Gestores e docentes estão ávidos por ferramentas que possam auxiliá-los a melhorar a eficiência técnico-econômica e com isso contribuir para a melhoria da formação de técnicos. Alunos anseiam serem profissionais capazes de atender a demanda de produtores que precisam de auxílio no gerenciamento. Professores almejam corresponder a essa expectativa e necessitam de estratégias para que as competências gerenciais possam ser construídas pelos alunos e que esses, como futuros profissionais, apliquem-nas contribuindo com a agropecuária.

A modelagem matemática aplicando a Programação Linear tem potencial para contribuir nesse processo, sendo uma técnica de solução de problemas por meio da formulação de modelos que reproduzam o sistema real de produção. Busca-se alocar os recursos disponíveis para obter a solução ótima que serve de referência para uma decisão real. Assim, é possível fazer o diagnóstico do sistema produtivo e realizar cenários que orientam a tomada de decisão. Além de ferramenta gerencial, tem aplicação pedagógica

pelo fato de mobilizar saberes e exigir processos cognitivos para levantamento de dados, processamento e análise, de modo a resolver situações problema vivenciadas cotidianamente, e com isso ocorre aprendizagem significativa.

Com essa motivação, o objetivo central foi realizar uma formação para a equipe escolar (professores e gestores da fazenda) de modo que empreguem a técnica de Programação Linear como ferramenta pedagógica e gerencial em uma escola-fazenda. Dessa forma, espera-se que, a partir do uso do modelo, a equipe possa melhorar seu planejamento para proporcionar um ambiente de aprendizagem mais eficiente beneficiando os alunos e otimizando recursos.

Educação profissional, curso técnico em agropecuária e escola-fazenda

Educação profissional é um conceito presente na Lei nº 9.394/1996 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), que foi complementada pelo Decreto 5.154 de 23 de julho de 2004: “tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996, 2004). A Educação Profissional tem como princípios o desenvolvimento de competências para atuação no mercado de trabalho, a flexibilidade, a interdisciplinaridade e a contextualização na organização curricular, a identidade dos perfis profissionais de conclusão, a atualização permanente dos cursos e seus currículos, e a autonomia da escola em seu projeto pedagógico.

O Curso Técnico em Agropecuária consta no Catálogo Nacional de Cursos Técnicos no Eixo Tecnológico de Recursos Naturais; que compreende tecnologias para produção animal, vegetal, mineral, aquícola e pesqueira (BRASIL, 2012). O documento também define a carga horária mínima de 1.200 horas para formar um profissional que:

[...] planeja, executa, acompanha e fiscaliza todas as fases dos projetos agropecuários. Administra propriedades rurais. Elabora, aplica e monitora programas preventivos de sanitização na produção animal, vegetal e agroindustrial. Fiscaliza produtos de origem vegetal, animal e agroindustrial. Realiza medição, demarcação e levantamentos topográficos rurais. Atua em programas de assistência técnica, extensão rural e pesquisa (BRASIL, 2012, p. 132).

Para que o Técnico em Agropecuária possa atender a esse perfil profissional há necessidade de ter uma formação que trate de temas como produção animal, produção vegetal, produção agroindustrial e gestão agropecuária. Havendo a necessidade de aliar

teoria e prática, para a aprendizagem e o desenvolvimento das competências, o papel da escola-fazenda é relevante.

Esse modelo surgiu no Brasil na década de 60, época em que houve implantação da metodologia baseada no princípio do “aprender a fazer fazendo” (FRANCO, 1994). A escola-fazenda deve:

Constituir o laboratório específico para o desenvolvimento das práticas agrícolas, onde serão vivenciados os conhecimentos teórico-práticos, através de projetos de caráter produtivo, didático, demonstrativo, de melhoramento e experimental, nas áreas agrícola, zootécnica e agroindustrial, buscando-se permanentemente o equilíbrio entre a teoria e a prática. (MONT’ALVÃO, 2008, p. 2).

Cada escola-fazenda deve propor uma estrutura que atenda ao mercado local visando à inserção do técnico no mercado de trabalho por ter uma formação que atende à demanda da região.

Algumas escolas-fazenda funcionam sob o regime de internato. Tal regime foi instituído no Brasil no século XVIII como iniciativa religiosa para formar crianças de classes desfavoráveis e posteriormente para manter as crianças e jovens na escola (FELIPE, 2011). Os alunos de internatos vivem na instituição e precisam de moradia, alimentação, educação e assistência médica-odontológica. Portanto, uma escola-fazenda internato é uma estrutura complexa na qual as necessidades dos alunos devem ser supridas. Para o processo de ensino e aprendizagem na agropecuária é essencial a produção de alimentos (aprender fazendo) e para manter os alunos e funcionários no sistema eles precisam de alimentação. Portanto, há necessidade de organizar o fluxo de modo que a produção que primeiramente tem foco educacional possa abastecer o refeitório da escola-fazenda.

Partindo do princípio que há uma estrutura de escola-fazenda para formação do aluno, ainda há necessidade de criar estratégias para formar a equipe escolar de modo que possam atuar com os alunos formando profissionais para uma aprendizagem contínua e autônoma, capazes de desenvolver competências para atuar no mercado de trabalho. Nesse contexto, a modelagem matemática pode ser utilizada como ambiente de aprendizagem para a formação da equipe escolar. Ambiente de aprendizagem é entendido como as condições em que os alunos, neste caso a equipe escolar, são estimulados a desenvolverem determinadas atividades (SKOVSMOSE, 2000). Os modelos são ferramentas que ajudam a pessoa a processar informações e estimular novas ideias e compreensões, prover de uma visão estruturada e global que inclui relações abstratas.

Capacitam a observar e refletir sobre fenômenos complexos, e ainda a comunicar as ideias a outras:

Trata-se de um importante meio não apenas para facilitar a ação diária das pessoas, considerando que na base de toda tecnologia ou produções encontra-se um modelo, uma representação do fenômeno e das ideias, mas também para estimular o processo mental, ajudando a pensar produtivamente (BIEMBENGUT, 2009, p. 20).

Na agropecuária a visão global dos processos produtivos é essencial, uma vez que ocorrem inter-relações entre os segmentos do sistema, e a equipe escolar precisa construir a competência de resolução de problemas que, por sua vez, está relacionada a aprender a resolver tais problemas, pensar estrategicamente, mobilizar e aplicar conhecimentos e tomar decisões. Em todos esses casos pode-se contar com o auxílio da modelagem matemática.

Modelagem matemática e o processo de ensino e aprendizagem

Modelagem (modelar + agem) é a operação de modelar (modelo + ar), sendo que este verbo remete a fazer um modelo (MICHAELIS, 2010). Cristofolletti (1999, p. 47) define um modelo como: “Qualquer representação simplificada da realidade ou de um aspecto do mundo real que surja como de interesse ao pesquisador, que possibilite reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução”.

Matemática é uma palavra de origem grega que significa “aquilo que se pode aprender” e pode ser considerada como a ciência que trata de quantidades e formas e uma linguagem que as representa (IMENES; LELIS, 1998). Bronowski (1979) define a matemática como uma língua para discutir as partes do mundo real que podem ser descritas por número ou relações semelhantes de ordem.

A partir dessas concepções é possível compreender a modelagem matemática, que é definida como “[...] arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (BASSANEZI, 2002, p. 16).

A modelagem matemática consiste na representação matemática do que acontece na natureza a partir de um modelo conceitual, idealizado com base no levantamento e interpretação de dados e observações do sistema real, tendo como objetivo uma melhor compreensão do sistema atual, possibilitando prever situações futuras, algumas vezes passadas, porém sempre buscando direcionar ações de decisão (IRITANI, 1998, p. 29).

Nesse contexto, um modelo matemático é obtido quando se consegue extrair o essencial da situação-problema e transformá-lo em linguagem matemática sistematizada (BUENO; REIS, 2007).

Quando se procura refletir sobre porção da realidade, na tentativa de entender ou de agir sobre ela, o processo implica em selecionar da realidade argumentos ou parâmetros considerados essenciais e formalizá-los por meio de um modelo (BASSANEZI, 2002, p. 19).

A modelagem matemática pode ser uma estratégia de ensino bastante eficaz. Para modelar um problema parte-se de um fato real ou semirreal, coletam-se dados, esses são analisados e organizados de modo a gerar uma expressão em linguagem matemática capaz de gerar resultados que permitem compreender e analisar a situação proposta. Ensinar por meio do emprego da modelagem matemática capacita para uma visão global da realidade na qual se age (D'AMBROSIO, 1991).

O emprego da modelagem como estratégia de ensino favorece a investigação de outras áreas do conhecimento por meio da matemática: “[...] modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas do conhecimento” (BARBOSA, 2002, p. 6).

Na dimensão cognitiva, as principais ideias matemáticas estão relacionadas a comparar, classificar, quantificar, medir, explicar, generalizar, inferir e avaliar (D'AMBROSIO, 2005). Portanto, são mobilizadas habilidades mais simples ligadas à memorização alcançando até a mais complexa de avaliação, lembrando que o domínio cognitivo, segundo a Taxonomia de Bloom diz respeito ao conhecimento, pensamento e resolução de problemas (JEREZ, 2006). A cognição diz respeito aos processos pelos quais a pessoa percebe, elabora e comunica (DEPRESBITERIS, 2011).

Na modelagem, Biembengut (2007a) identifica três fases do processo cognitivo: percepção, compreensão, significação/modelo. A primeira, percepção, está relacionada ao reconhecimento da situação problema (delimitação do problema) e a familiarização com o tema (referencial teórico). Na segunda fase tem-se a compreensão, que é desafiante e exige que se compreenda para elaborar hipóteses, formular o modelo (desenvolvimento) e resolução a partir do modelo (aplicação). Por fim, na fase de significação/modelo se faz a interpretação da solução e validação do modelo (avaliação).

O essencial do processo de modelagem é o reconhecimento de uma problemática, a escolha de uma teoria para tratá-la e a produção de novo conhecimento (SADOVSKY, 2007) (figura 1):

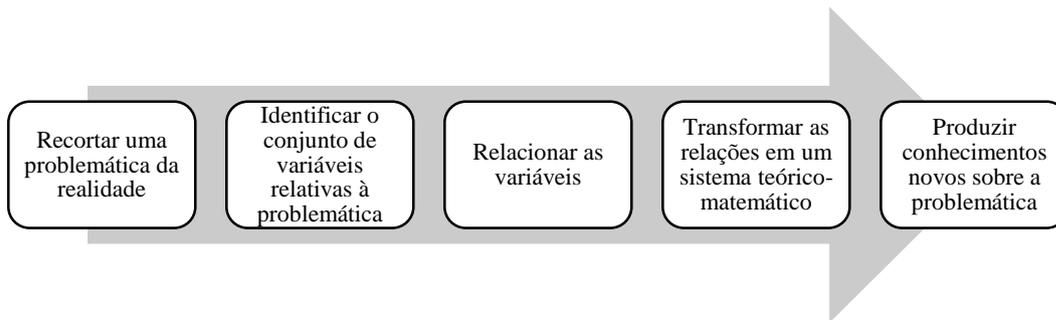


Figura 1 - O processo de modelagem.
Fonte: adaptado de Sadovsky (2007).

O ato de modelar exige mobilização de diversas habilidades e a construção da competência de analisar uma situação (quadro 1). Nota-se que na fase de entrada têm-se ações de menor complexidade relacionadas à memorização de conteúdo. Já na elaboração, as operações são complexas e exigem que se tenha compreensão para formular e aplicar. E por fim, na fase de saída, estão a análise, síntese e avaliação que culminam com a produção de conhecimentos novos. Portanto, o nível de complexidade é crescente conforme a fase. A modelagem permite que se possa aprender resolvendo problemas relacionados ao seu cotidiano. Além disso, é um caminho para que se tenha experiência na produção de conhecimento, o que possibilita focar o aspecto central visado pelo ensino (SADOVSKY, 2007).

Quadro 1 - Funções cognitivas relacionadas à modelagem matemática classificadas nas fases do ato mental com base em proposta de Feuerstein et al. (1999)

Fase de entrada (<i>input</i>): mapeamento detalhado dos sistemas e levantamento de dados	Fase de elaboração: modelagem matemática em si	Fase de saída (<i>output</i>): interpretação dos resultados e realização de análises de sensibilidade
Ter percepção clara e precisa. Ter comportamento exploratório e sistemático. Identificar uma situação problema. Recortar o problema de uma realidade. Coleta de dados com precisão e exatidão. Classificação dos dados. Identificar o conjunto de variáveis relativas à problemática Descrição dos processos.	Perceber o problema e defini-lo com clareza. Distinguir dados relevantes e irrelevantes. Comparar. Percepção global da realidade. Usar raciocínio lógico. Pensar de forma hipotética-referencial. Traçar estratégias para verificar hipóteses. Estabelecer relações. Transformar as relações em um sistema teórico-matemático. Formular o modelo. Aplicar o modelo.	Analisar os resultados. Avaliar os processos. Sintetizar resultados. Transcender para situações reais. Produzir conhecimentos novos sobre a problemática

Fonte: Depresbiteris (2011)

A modelagem matemática favorece a autonomia. Há necessidade de entender o problema, formular questões, buscar dados, organizá-los, abordá-los matematicamente, avaliar os resultados, traçar novas estratégias, entre outros processos (BARBOSA, 2003). O emprego da modelagem, metodologia flexível que valoriza a investigação e a exploração, possibilita a organização e reorganização do conteúdo de forma mais contundente (BUENO; REIS, 2007). Ao trabalhar com essas habilidades podem ser desenvolvidas competências que potencializam a intervenção das pessoas nas tomadas de decisões, uma vez que a modelagem desafia a ideologia da certeza e coloca lentes críticas (BARBOSA, 2003, 2004).

De modo geral, podem-se apresentar cinco argumentos para justificar o uso da modelagem matemática: i) motivação; ii) facilitação da aprendizagem; iii) preparação para utilizar a matemática em diferentes áreas; iv) desenvolvimento de habilidades gerais de exploração; e v) compreensão do papel sociocultural da matemática (BARBOSA, 2003). Segundo Bicudo e Borba (2004) pode servir para o planejamento e tomada de decisões.

Ressalta-se ainda que a modelagem matemática tem características de uma estratégia de ensino com enfoque transdisciplinar. Quando se tem um resultado único capaz de refletir a multidimensionalidade da realidade com cooperação e coordenação entre disciplinas, mas com objetivo de transcendê-las está se tratando do conceito de transdisciplinaridade (SILVA, 1999).

A modelagem matemática é reconhecida como alternativa pedagógica que contribui no processo de ensino e aprendizagem (BIEMBENGUT, 1999; ALMEIDA; MARTINS, 2001; BASSANEZI, 2002; FERRUZZI, 2003). No entanto, destaca-se que o emprego da modelagem matemática como estratégia em diversos níveis de ensino ainda é uma prática relativamente recente (FERRUZZI, 2003).

Se a modelagem matemática é capaz de fazer com que se aprenda com base em situações problemas reais do seu dia a dia fazendo pensar, estabelecer relações, criar e resolver, pode ser uma alternativa como estratégia de ensino aplicável na formação da equipe escolar para atuar em um sistema escola-fazenda.

Metodologia

A pesquisa realizada pode ser considerada como uma abordagem qualitativa. Este método enfatiza particularidades de um fenômeno considerando o significado para o

grupo pesquisado, descrições detalhadas de situações para compreensão e obriga o pesquisador a ter flexibilidade e criatividade para coleta e análise de dados (GOLDENBERG, 1997). Realizaram-se pesquisas bibliográficas e de campo de característica descritiva em uma escola-fazenda internato, localizada no município de Formoso do Araguaia, Sul do estado do Tocantins, com participação voluntária da equipe escolar (professores e gestores da fazenda).

O contexto local

A escola-fazenda fica na zona rural em local isolado dos centros urbanos, cerca de 60 km do centro da cidade de Formoso do Araguaia-TO. A propriedade ocupa 2.549,07 hectares. Há uma área urbanizada com 72.343,14 m² construídos onde há escola, hospital, lavanderia, cozinha, refeitório, sede administrativa, áreas de lazer e moradias de alunos e funcionários. Atende crianças e jovens no Ensino Fundamental, Médio e Educação Profissional. Além disso, os funcionários também residem na escola com seus familiares, sendo que há oportunidade e incentivo para que todos maiores de idade trabalhem na escola. Em 2013 a população era de 1.173 habitantes, e desses, 909 eram alunos.

O restante da área é ocupado pela agropecuária, Área de Reserva Legal e Área de Preservação Permanente. No Setor Pecuário tem-se a criação de bovinos de corte com rebanho comercial e elite, bovinos de leite em sistema convencional e intensivo, ovinos, aves de corte e postura, suínos, equídeos e abelhas, além da fábrica de ração. No Setor Agrícola há culturas anuais (milho, arroz e sorgo forrageiro), horticultura (30 cultivos), fruticultura (17 cultivos), forragicultura e jardinagem. Este Setor ainda é responsável pelos serviços mecanizados, tais como coleta de lixo da propriedade, manutenção de máquinas e implementos, transporte de materiais para obras na área urbana, alimentos e insumos agropecuários.

A população que reside na escola, alunos e funcionários, utilizam o refeitório diariamente. Dessa forma, há o Setor de Alimentação que é responsável por ofertar três refeições diárias no refeitório: café da manhã, almoço e jantar. Além disso, ofertam-se dois lanches, um pela manhã e outro pela tarde servidos no local onde as pessoas se encontram. Para atender essa demanda por alimentos o Setor dispõe de cozinha, refeitório, padaria, agroindústria de derivados do leite, agroindústria de frutas, açougue e abatedouro.

O Setor Pecuário e o Agrícola fornecem os alimentos para o Setor de Alimentação que os consome *in natura* ou os processa na agroindústria, açougue ou padaria. Diante dessas múltiplas e correlacionadas atividades, a equipe gestora da escola-fazenda enfrenta dificuldades de planejamento. Há conflitos internos entre os setores que produzem (Setor Pecuário e Agrícola) e o que consome (Setor de Alimentação), uma vez que a produção agropecuária nem sempre atende toda a demanda da comunidade.

O desafio da escola-fazenda é maximizar sua autossuficiência: produzir o máximo possível dentro da propriedade e para isso precisa fazer uso eficiente dos recursos disponíveis (terra, mão de obra, máquinas e equipamentos, capital). Ressalta-se que a localização geográfica dificulta a logística de compra de produtos. Além de fornecer alimentos para sua população, a escola deve disponibilizar áreas para que as atividades práticas do Curso Técnico em Agropecuária sejam realizadas.

O modelo matemático

O modelo matemático de Programação Linear foi elaborado com objetivo de identificar a combinação mais eficiente de atividades agrícolas, pecuárias e agroindustriais para possibilitar as práticas pedagógicas e atender a demanda de alimentos da população que reside no local a um mínimo custo.

O projeto de formação

O projeto foi desenvolvido para formular um modelo matemático empregando a Programação Linear de modo a minimizar o custo de produção atendendo a demanda pedagógica, de alimentos e de serviços da população que reside na escola-fazenda (alunos e funcionários). Como o modelo proposto objetiva servir de ferramenta gerencial e pedagógica era importante que a equipe escolar compreendesse a lógica de sua formulação para que posteriormente pudesse interpretar os resultados obtidos e fazer efetivo uso da ferramenta. Dessa forma, a estruturação do modelo foi realizada paralelamente a um programa de formação que contemplou três etapas presenciais e à distância por meio de videoconferências (figura 2). Participaram a orientadora do Curso Técnico, os cinco professores, o médico veterinário, o engenheiro agrônomo e a nutricionista, totalizando nove profissionais orientados por dois pesquisadores alocados fora da escola-fazenda.

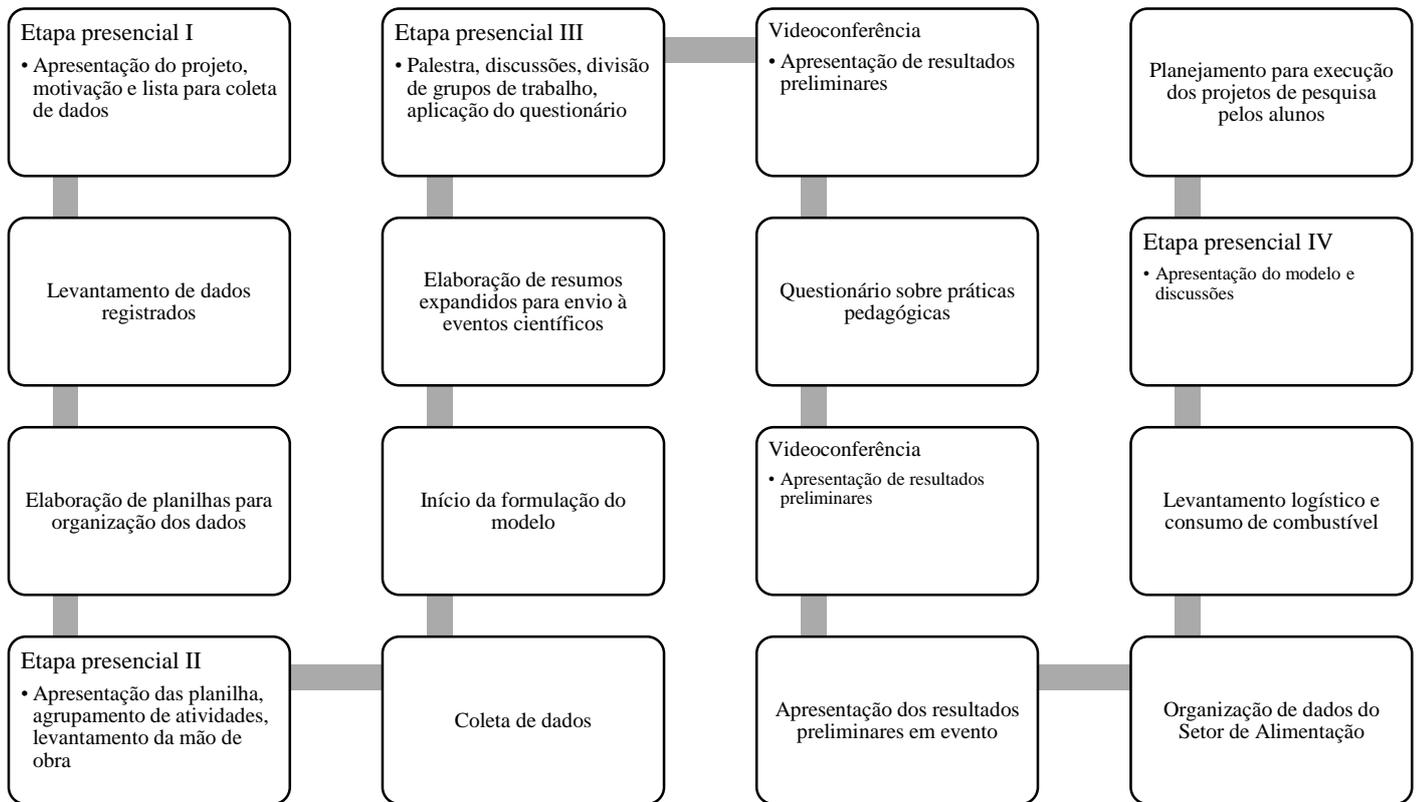


Figura 2 – Representação esquemática da formação técnica pedagógica para a equipe da escola-fazenda

O objetivo dessa formação foi permitir aos participantes: compreender a importância da coleta de dados e sua organização; identificar as variáveis principais do sistema de produção; coletar e organizar dados; relacionar as atividades da escola-fazenda; aprender conceitos sobre modelagem matemática; e interpretar os resultados do modelo. O ambiente de aprendizagem foi, portanto, o próprio emprego da modelagem matemática.

O programa de formação iniciou com um encontro presencial na escola-fazenda utilizando-se de aulas teóricas com emprego da mediação para apresentar a aplicabilidade do uso da modelagem na agropecuária e motivar a equipe para a realização do projeto. Foi apresentada uma lista com os principais itens que deveriam ser alvo de pesquisa de campo. Destacou-se para a equipe que a modelagem contribui na compreensão de conceitos matemáticos, possibilita o desenvolvimento de habilidades de pesquisa e experimentação e viabiliza a interdisciplinaridade (BARBOSA, 2001). Portanto, explicitou-se o potencial do uso de um modelo que represente a escola-fazenda como

prática pedagógica. Abordou-se também a contribuição do modelo para o gerenciamento por ser ferramenta que pode auxiliar na definição das atividades agropecuárias a serem realizadas, suas quantidades e tomada de decisão sobre produzir ou comprar determinados produtos.

Posteriormente, a equipe escolar iniciou o levantamento de todos os dados que são registrados rotineiramente na escola. Em posse dessas informações foram elaboradas planilhas para registros e cálculos. Elaborou-se um modelo simplificado com os dados obtidos e foi possível produzir resumos para envio a congressos. Esses processos foram feitos com orientação dos pesquisadores.

Na segunda etapa presencial as planilhas construídas foram validadas pela equipe. Realizou-se uma sensibilização a respeito de coleta de dados de campo e importância da sua organização. Além disso, trataram-se das questões de prioridades produtivas, produtos que não podem ser produzidos na propriedade por questões técnicas, edafoclimáticas ou ambas e culturas de baixa produtividade que não justificam sua manutenção na escola. Realizou-se uma listagem de todas as produções dos setores, a divisão das produções em grupos e identificação das relações entre os processos produtivos. Neste encontro aplicou-se um questionário aos participantes para identificar alguns aspectos de percepção e expectativa da equipe, que continha as seguintes perguntas:

1. Qual a contribuição da modelagem para sua prática profissional?
2. Quais questões você espera que a modelagem responda?
3. Quais as dificuldades a serem superadas?

O processo de coleta de dados e formulação do modelo prosseguiu. Com a definição da função objetivo, do conjunto de dados, dos parâmetros e das variáveis do modelo foi identificada a necessidade de levantamento de mais dados de campo. Realizou-se videoconferência para apresentação de todos os dados coletados para validação da equipe e dos dados que ainda eram necessários.

Para o processo de ensino e aprendizagem no Curso Técnico em Agropecuária há necessidade de animais e culturas vegetais para realização das atividades práticas. Como não foram encontradas referências na literatura ou estudos que tratam desse tema foi necessário realizar um levantamento com a equipe escolar para definir as quantidades mínimas necessárias. Um questionário foi elaborado para ser respondido pelos professores da escola a respeito das suas percepções sobre a necessidade de áreas,

animais, variedades vegetais e produtos agroindustriais que atendam a demanda de atividades práticas do Curso.

No processo de formulação do modelo foram realizadas videoconferências com a equipe escolar para esclarecimento de dúvidas e apresentação de dados coletados e organizados.

Com o modelo finalizado, realizou-se um encontro presencial na escola-fazenda para apresentação da ferramenta e resultados obtidos aos participantes, bem como para realização de simulações criando novos cenários. Aplicou-se uma avaliação que consistiu de uma ficha com sete itens a serem avaliados em relação à formação.

Resultados e discussão

Na primeira etapa presencial na escola-fazenda foi constatado que o assunto “modelagem matemática” era inédito para todos os presentes, que se mostraram interessados em mais detalhamentos. A equipe foi receptiva ao projeto apresentado e compreendeu que sua aplicação teria potencial para auxiliar a escola-fazenda.

Na segunda etapa presencial, a partir de alguns resultados obtidos foram realizadas diversas reflexões sobre os cenários produtivos contanto com a participação de todos. Portanto, nesse momento a equipe encontrava-se na fase de compreensão elaborando hipóteses para o desenvolvimento do modelo (BIEMBENGUT, 2007b). Neste momento foi aplicado o questionário e a análise das respostas para a questão 1 (Qual a contribuição da modelagem para sua prática profissional?) gerou as seguintes palavras-chave: discussões, reflexões, diagnóstico, maximização, melhoria no uso de recursos, escalonamento de produção, controle de custos, tomada de decisão, foco no trabalho, gestão, melhores resultados, coletar, processar, planejar, formação profissional, inserção no mercado de trabalho, aulas, atributo diferencial, sistematização, perspectiva, lucro, minimizar custo, adequar, corrigir. Observou-se que todas as respostas foram pertinentes e de acordo com a real contribuição que a modelagem pode proporcionar, sendo que alguns participantes citaram mais de um item (tabela 1).

Tabela 1 - Respostas obtidas nos questionários aplicados à equipe escolar para a pergunta “quais questões você espera que a modelagem responda”

Resposta	Número de vezes
Número ótimo de trabalhadores	2
Variação na produtividade pelo uso de tecnologias	1
Número ótimo de máquinas	1
Culturas vegetais viáveis para serem mantidas	1
Custo de produção	1
Mudanças nos sistemas que podem melhorar os resultados	1
Melhor forma de utilizar os recursos disponíveis	1
Número de animais que deve ser mantido	1
Diagnóstico do sistema produtivo	1
Adequação da oferta e demanda de produtos	1
Uso dos resultados do modelo nas práticas pedagógicas	1

Nesse questionário havia também uma pergunta sobre as principais dificuldades que a equipe precisaria superar. Sobre a formulação do modelo apontou-se a compreensão de dados a serem levantados, cálculos a serem realizados e levantamento de preços de mercado. Sobre o uso do modelo como ferramenta pedagógica os professores apontaram como dificuldades para transpor a metodologia para uso com os alunos, fazer com que eles entendam a importância da coleta de dados, interpretem os resultados, tenham uma visão global e compreendam a importância dessa ferramenta para sua vida profissional. Entendeu-se que o uso dos resultados gerados pelo modelo para análises nas aulas do Curso Técnico pode possibilitar que o aluno tenha uma visão da escola como um sistema produtivo que combina atividades de modo a alocar recursos em busca da melhor combinação possível. Ao trabalhar com dados oriundos da escola que frequenta, o assunto tem maior significado para o aluno, o que contribui para seu aprendizado e permite que após a compreensão ele transcenda para outras situações.

Uma etapa muito importante foi o levantamento realizado com a equipe escolar para definir a necessidade de áreas, animais, variedades vegetais e produtos agroindustriais que atendam a demanda de atividades práticas do Curso. Essa etapa foi necessária para definir um padrão mínimo para as atividades práticas da escola, sendo esses valores restrições do modelo matemático. Para os animais foi definido um número mínimo de cabeças, para a produção agrícola também foram definidas áreas mínimas, bem como selecionadas as culturas essenciais para o processo de ensino e aprendizagem.

Esse processo promoveu reflexões sobre as práticas realizadas na escola e fez com que os participantes focassem em produtos que realmente apresentam significado para a formação do aluno.

Destaca-se que a coleta de dados para compor os parâmetros do modelo requer organização diferenciada daquela adotada para acompanhamento dos sistemas produtivos feita como rotina. Isso porque é necessário identificar valores relacionados a uma unidade de produção e não da atividade como um todo. Para exemplificar cita-se: custo variável para produção de um frango de corte, horas de trabalho demandada por uma vaca em lactação, horas de trabalho demandada para cada operação com máquinas (colheita, tratamentos culturais), entre outros. Dessa forma, essa foi uma dificuldade encontrada, estabelecer os valores para cada unidade de produção a partir de informações coletadas para todo o rebanho ou para todas as culturas. Nesse aspecto pode-se perceber que foram mobilizados processos cognitivos de análise e síntese. Análise porque foi necessário decompor os conhecimentos e dados nas suas partes constituintes e estabelecer relações, síntese pelo fato de serem feitas reconstruções criando novos dados e organizações (JEREZ, 2006).

No último encontro presencial para apresentação e final à equipe escolar, os resultados causaram impacto nos participantes. Houve inquietação, reflexão e discussão dos resultados, mas o modelo foi validado. Moreira et al. (2009) também relatou que após a formulação do modelo os resultados foram apresentados à equipe técnica da região em estudo para discussões e questionamentos sobre os parâmetros definidos, o que permite validação da ferramenta.

O modelo formulado e validado consistiu em uma função objetivo com cinco grupos (“sets”) de restrições relacionadas à produção animal, vegetal e agroindustrial, refeições e disponibilidade de recursos totalizando 152.545 equações e 84.836 variáveis (BARROS, 2012). O resultado indicou uma solução ótima que permite redução do custo em torno de 24% a partir da redução de algumas espécies de animais e aumento da produção vegetal.

Aplicou-se uma avaliação para os participantes que consistiu de uma ficha com sete itens a serem avaliados, sendo que para cada um deveria ser atribuído em escore de um a cinco, sendo esse representativo do maior grau de satisfação. Observou-se elevado grau de satisfação para todos os itens (tabela 2).

Tabela 2 - Resultados (média e desvio padrão) obtidos na avaliação aplicada após o encontro presencial realizado com a equipe escolar

Item avaliado	Escore
Relevância do tema na sua formação	5,0
Aplicabilidade no planejamento/gestão das atividades agropecuárias	5,0
Compreensão do objetivo da modelagem matemática	4,6 ± 0,4
Aplicabilidade na prática docente	4,6 ± 0,4
Contribuição para melhoria da qualidade do seu trabalho	4,6 ± 0,3
Motivação para dar continuidade ao estudo da modelagem	4,6 ± 0,7
Identificação de dados que precisam ser coletas/monitorados	4,3 ± 0,7

Nota: Escore atribuído de um a cinco, sendo cinco o maior grau de satisfação. A média foi obtida a partir da avaliação dos participantes.

Neste encontro presencial foi possível perceber que a modelagem permite “dar uma forma concreta a ideias abstratas” (SAMPAIO, 2009, p. 6). Mellar et al. (1994) afirmam que a partir da modelagem com uso de computadores exploram-se conhecimentos, investigam-se relações entre objetos, formulam-se e testam-se hipóteses. Foi possível observar na prática todos esses apontamentos, os participantes mobilizaram seus conhecimentos e sua experiência profissional para sugerir a criação de situações diferenciadas na realidade da escola-fazenda, como a venda da produção, testando suas hipóteses. Nesse contexto, Johnson-Laird (1983) discorre que a modelagem permite a reconstrução de modelos mentais, e Mellar et al. (1994) afirmam que ao se confrontar com inadequações de seus modelos mentais as pessoas abrem-se para novos modelos, procuram formas alternativas de entendimento e com isso oportunizam a criação de modelos mentais alternativos.

Percebeu-se ao longo do processo de formulação do modelo que há necessidade de uma equipe multidisciplinar, sendo que no caso em questão contou-se com agrônomos, médicos veterinários, técnicos em agropecuária e nutricionista. O contato desses profissionais trazendo experiências de sua atuação profissional em áreas diferentes, mas relacionadas favoreceu o aspecto da transdisciplinaridade, já que para o processo foi necessária uma unidade conceitual. Pode ainda ser citado o aspecto de maior compreensão entre os profissionais sobre o processo produtivo em que cada um atua, o que pode favorecer a redução de conflitos, que é um aspecto relevante.

Com relação à aplicação no Curso Técnico em Agropecuária, os professores envolvidos entenderam que é viável utilizar os resultados deste modelo para gerar

discussões na sala de aula apontando diferentes cenários e possibilidades de mudanças nos sistemas produtivos. É possível mostrar a escola-fazenda como um todo e perceber as relações entre as atividades, a alocação de recursos e o impacto de mudanças. Portanto, os resultados em si são uma ferramenta pedagógica aplicável às aulas do Curso Técnico. Além disso, os professores podem aprimorar seus conhecimentos sobre a formulação de modelos matemáticos e com isso desenvolver estratégias para construir pequenos modelos junto aos alunos, como por exemplo, para produzir ração de mínimo custo e maximizar o lucro com determinada combinação de atividades. Essa prática com os alunos pode ser abordada em três perspectivas: construção do conhecimento, explicitação e refinamento de representações mentais sobre os conhecimentos e percepção de mundo a partir de visão dinâmica de sistemas (SAMPAIO, 2009).

Outro ponto que deve ser destacado é a identificação da necessidade de realização de alguns projetos de pesquisa para levantamento de dados que geram parâmetros do modelo. Como há intenção da equipe escolar de utilizar efetivamente o modelo formulado para as práticas pedagógicas e gerenciamento haverá necessidade de atualização conforme as alterações de mercado e do sistema produtivo. Para isso foi proposta a estratégia de que os Trabalhos de Conclusão de Curso sejam planejados de modo a atender essa demanda. Cada grupo ficaria responsável por coletar e sistematizar os dados dos setores produtivos para que no final do ano os parâmetros do modelo sejam atualizados, obtenham-se os resultados dos cenários e com isso o planejamento agropecuário possa ser realizado com a tomada de decisão apoiada nas indicações do modelo seguida de análises da equipe. Sendo assim, o aluno pode participar de todo o processo de planejamento e gerenciamento colaborando para o ensino e aprendizagem.

Considerações finais

O modelo proposto serviu como ferramenta de ensino e aprendizagem mobilizando conhecimentos, promovendo reflexões e instigando para resolução de problemas. Com a modelagem foi possível trabalhar todas as classes do domínio cognitivo: conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e julgamento.

Referências

ALMEIDA, L. M. W.; MARTINS, N. Modelagem matemática: uma aplicação usando a merenda escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2001.

BARBOSA, J. C. Modelagem matemática: o que é? por que? como? **Veritati**, n. 4, p. 73-80, 2004.

_____. Modelagem matemática na sala de aula. **Perspectiva**, v. 27, n. 98, p. 65-74, 2003.

_____. Modelagem matemática e os futuros professores. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25., 2002, Caxambu. **Anais...** Caxambu: ANPED, 2002.

_____. **Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores.** 2001. 253f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

BARROS, C. S. **Uso da programação linear como ferramenta pedagógica e gerencial na produção agropecuária: o caso da Escola-fazenda Canuanã.** 2012. 179p. Tese (Doutorado em Ciências – Nutrição e Produção Animal) –Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

BASSANEZI, R. C. **Ensino aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia.** São Paulo: Contexto, 2002.

BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. (org.). **Educação Matemática: pesquisa em movimento.** São Paulo: Cortez, 2004.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática & implicações no ensino e aprendizagem da matemática.** Blumenau: Ed. da Furb, 1999.

_____. Modelling and applications in primary education. In: BLUM, W. et al. (Eds). **Modelling and applications in mathematics education.** New York: Springer, 2007b. p. 451-456.

_____. 30 Anos de modelagem matemática na educação brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 2, p. 7-32, jul. 2009.

_____.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino.** 5. ed. São Paulo: Contexto, 2007a.

BRASIL. **Catálogo Nacional de Cursos Técnicos de Nível Médio.** Brasília, DF: MEC, 2012.

BRASIL. Decreto nº 5.154, de 23 de julho de 2004. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional e dá outras providências Brasília, DF, 2004.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96.** Brasília, DF: SEE, 1996.

BRONOWSKI, J. **Ciência e valores humanos**. São Paulo: Edusp, 1979.

BUENO, V. C.; REIS, F. S. Modelagem matemática e ensino e aprendizagem de conceitos nos ensinos fundamental e médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 9., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ENEM, 2007.

CRISTOFOLETTI, A. **A modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

D'AMBRÓSIO, U. **As matemáticas e seu entorno sócio-cultural**. Paris: Memórias del Primer Congreso Iberoamericano de Educación Matemática, 1991.

_____. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

DEPRESBITERIS, L. **Avaliação da aprendizagem: casos comentados**. Pinhais: Melo, 2011.

FELIPE, M. L. F. M.

Análise da importância do regime de internato para os alunos do curso Técnico em Agropecuária do Instituto Federal do Ceará Campus Iguatu. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 2, p 1-22, 2011.

FERRUZZI, E. C. **Modelagem matemática como estratégia de ensino e aprendizagem do cálculo diferencial e integral nos cursos superiores de tecnologia**. 2003. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

FEUERSTEIN, R.; KLEIN, P. S; TANNENBAUM, A. J. **Mediated learning experience (mle): theoretical, psychosocial and learning implications**. Tel Aviv: Freund Publishing House Ltd., 1999.

FRANCO, M. P. **Ensino médio: desafios e reflexões**. Campinas: Papirus, 1994.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais**. 6. ed. Rio de Janeiro, Editora Record, 2002.

IMENES, L. M.; LELIS, M. **Microdicionário de matemática**. São Paulo: Editora Scipione, 1998.

IRITANI, M. A. **Modelação matemática tridimensional para a proteção das captações de água subterrânea**. 1998. 200f. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

JEREZ, J. A. **Preparação pedagógica aplicada à medicina veterinária**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models:** towards a cognitive science of language, inference and consciousness. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

MELLAR, H. et al. (Eds.). **Learning with Artificial Worlds:** computer based modelling in the curriculum. London: The Falmer Press. 1994.

MICHAELIS. **Moderno dicionário da língua portuguesa.** 7. ed. São Paulo: Editora Melhoramentos. 2010.

MONT'ALVÃO, C. R. F. **Trabalho e educação no curso técnico em agropecuária do CEFET-Januária-MG:** rompendo modelos de ensino. 2008. 72f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MOREIRA, J. N.; LOPES, G. M. B.; FRANÇA, C. A. Comparação da pecuária leiteira a cultivos anuais em áreas irrigadas utilizando-se programação linear. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 95-100, 2009.

SADOVSKY, P. **O ensino da matemática hoje:** enfoques, sentidos e desafios. São Paulo: Ática, 2007.

SAMPAIO, F. F. A modelagem dinâmica computacional no processo de ensino-aprendizagem: algumas questões para reflexão. **Ciência em Tela**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

SILVA, D. J. O paradigma transdisciplinar: uma perspectiva metodológica para a pesquisa ambiental. In: WORKSHOP SOBRE INTERDISCIPLINARIDADE, 1., 1999. **Anais...** São José dos Campos: CETRANS, 1999.

SKOVSMOSE, O. Cenários para investigação. **Bolema**, ano 13, p. 66-91, 2000.