



Produto & Produção, vol.17, n.1, p.64-78, mar. 2016

RECEBIDO EM 17/09/2014. ACEITO EM 08/03/2016.

Rodolfo Benedito da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

rodolfoengenh@hotmai.com

Liane Werner

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

liane@producao.ufrgs.br

Utilização do Processo Hierárquico Analítico para priorização de variáveis a serem utilizadas na previsão de demanda no setor de suplementação animal

RESUMO

Este estudo buscou priorizar e selecionar variáveis a serem avaliadas em um modelo causal de previsão de produtos destinados à suplementação animal. Para atingir este objetivo, realizou-se a aplicação do método de priorização *Analytic Hierarchy Process* – AHP com três especialistas através de um estudo de caso. Para tanto, através de comparações pareadas entre as variáveis que afetam a demanda dos produtos, os especialistas estabeleceram os pesos que determinaram a importância relativa de cada variável em relação ao problema proposto. Os julgamentos dos especialistas foram considerados consistentes, pois apresentaram valores de Razão de Consistência (RC) inferiores à 0,1, indicando que o método AHP poderá ser utilizado para fazer as análises necessárias para atingir o objetivo do trabalho. Por fim, as variáveis a serem avaliadas no modelo causal foram selecionadas via regra de Pareto, sendo elas: *i*) preço da arroba do boi; *ii*) número de animais abatidos; *iii*) tamanho do rebanho; e *iv*) condições climáticas.

Palavras-chave: Priorização de variáveis; Previsão de demanda; Método AHP.

ABSTRACT

This study searches to priorities and select variables to be evaluated in a casual product prediction model destined to animal supplementation. In order to reach this aim, it was done the application of the priority method *Analytic Hierarchy Process* – AHP with three experts through paired compare among the variables that affect the product demand, the experts fit the weights that determined the relative importance of each variable in relation to the proposed problem. The judgments of the experts were considered consistent, because presented values of consistency ratio (CR) less than 0.1, pointing that the AHP method can be used to do the necessary analysis to reach the aim of the work. So, the variables to be evaluated in the regression model were selected by the Pareto rule: *i*) cattle arroba price; *ii*) amount of abated animals; *iii*) cattle size; and *iv*) climate conditions.

Keywords: Prioritization of variables; Demand forecasting; AHP method.

1. Introdução

Nos dias atuais é possível perceber cada vez mais uma forte predominância da globalização, implicando na atuação de uma concorrência acirrada entre as empresas. A busca constante por melhores resultados, consolidação e expansão no mercado, têm pressionado muitas organizações a tomarem decisões e utilizarem os recursos produtivos de maneira eficaz para que possam, assim, continuarem com atuações marcantes nos mercados em que estão inseridas (PERGHER; VACCARO; PRADELLA, 2013). Neste sentido, a atividade de previsão de demanda, além de auxiliar no processo de decisões, é o principal canal de comunicação entre os clientes e a organização, contribuindo para a elaboração de um planejamento adequado que permita promover o equilíbrio entre o que o mercado exige e o que é possível atender.

A importância das previsões de demanda se estende para algumas áreas de gestão, tais como: área financeira para planejar os recursos necessários; área de recursos humanos no planejamento da mão-de-obra e a área de vendas para direcionar os planos de marketing. Para a gestão da produção, as previsões são fundamentais para garantir a operacionalidade do sistema, servindo como referência para a gestão de estoques e elaboração de planos agregados de produção (KAHN, 2002; ALTABET, 1998).

Sendo assim, a previsão de demanda também desempenha um papel importante na indústria de suplementação animal, tendo em vista que este setor é caracterizado pela atuação de oferta e demanda sazonal. Isto, por que, segundo Veríssimo et. al (2012), a informação proporcionada pela previsão direciona os esforços para o planejamento da mão-obra, fluxo de caixa e aquisição de matéria-prima que serão necessárias período a período de modo eficaz, permitindo que a empresa tenha um posicionamento competitivo no mercado perante seus concorrentes.

Dado que a obtenção de uma previsão acurada é base para o bom andamento da empresa, faz-se necessário utilizar um modelo de previsão. Quando se trata de um modelo causal de previsão de demanda, em que uma variável dependente se relaciona com diversas outras variáveis explicativas, o processo de coleta, tratamento e análise destes dados requer grande disponibilidade de tempo. Deste modo, fazer uso de uma técnica de priorização, como o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) ou Processo Hierárquico Analítico, demonstra ser útil, visto que através dela é possível identificar as variáveis de maior importância a serem consideradas na modelagem em detrimento àquelas de menor importância, permitindo desta forma reduzir o tempo gasto no referido processo (DIAS; FENSTERSEIFER; SELLITTO, 2011).

Diante deste contexto, este artigo tem por objetivo priorizar e selecionar as variáveis a serem avaliadas em um modelo de previsão de demanda para suplementação animal, por meio do uso do método de priorização AHP. Para alcançar este objetivo, o método AHP foi aplicado com a participação de especialistas para identificar variáveis prioritárias que afetam a demanda de produtos destinados à suplementação animal.

O trabalho está estruturado da seguinte forma. Após esta parte introdutória, é discutido na seção 2 sobre previsões de demanda. Na seção 3, é apresentado o *Analytic Hierarchy Process*. Em seguida, na seção 4, são apresentados os procedimentos metodológicos. A seção 5 apresenta o estudo de caso e os resultados obtidos. Por fim, a seção 6 traz as conclusões do estudo.

2. Previsões de demanda

A demanda pode ser entendida como a disposição de um determinado mercado para consumir produtos e/ou serviços. Para Kotler (2000), a demanda de um produto é o montante que um determinado consumidor eventual, de certa área geográfica, estaria disposto a adquirir, considerando um período de tempo definido.

Segundo Makridakis et al. (1998), o principal motivo para realizar previsões é o *lead time*, por exemplo, a solicitação de reposição de materiais e a efetiva entrada dos mesmos no estoque. Sendo assim, de posse de uma declaração do que poderá ocorrer no futuro, os tomadores de decisão poderão planejar melhor e antecipadamente as atividades de uma organização.

De acordo com Werner e Ribeiro (2006) existem na literatura diversos métodos de previsão de demanda, porém, muito deles consideram as informações baseando-se em uma única técnica. Entretanto, é importante utilizar toda e qualquer informação disponível, visto que fazer uso de apenas

uma única técnica de previsão pode não trazer resultados satisfatórios. Para que se possam obter previsões confiáveis é necessário fazer uso de diversos métodos com o intuito de utilizar a maior quantidade de informações disponível. Além disto, na visão de Abraham e Ledolter (2005), a técnica de previsão que uma empresa deve adotar depende de uma série de fatores, incluindo: (i) horizonte de previsão; (ii) disponibilidade de dados; (iii) precisão necessária; (iv) tamanho do orçamento para previsão, e (v) disponibilidade de pessoal qualificado.

3. Analytic Hierarchy Process – AHP

Por se tratar de um método qualitativo a ser utilizado como base para o desenvolvimento deste estudo, o *Analytic Hierarchy Process* ou Processo Hierárquico Analítico (AHP) será apresentado nesta seção.

Segundo Saaty (1991), o AHP é um método de análise multicriterial baseado em um processo de ponderação ativa, no qual os diversos atributos relevantes são representados através de sua importância relativa. De acordo com Forman e Peniwati (1998), este método considera dados, experiências, percepções e intuições de uma forma lógica e completa, de modo a permitir que sejam realizadas escalas de prioridade ou de pesos em detrimento a decisões arbitrárias.

Saaty (1994) salienta que, devido a estas características, o método pode lidar com as questões qualitativas e quantitativas em um problema de decisão. Desta forma, o AHP busca aproximar-se de um modelo realista incluindo e medindo todos os fatores importantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, tangíveis ou intangíveis.

Segundo Saaty (1991), o AHP é aplicado em três etapas, sendo elas: (i) construção da hierarquia; (ii) análise de prioridades e (iii) verificação da consistência. Inicialmente, a hierarquia é estabelecida de modo que o objetivo principal esteja alocado no nível primário, os critérios no nível intermediário e as alternativas no nível inferior, conforme apresentado na Figura 1.

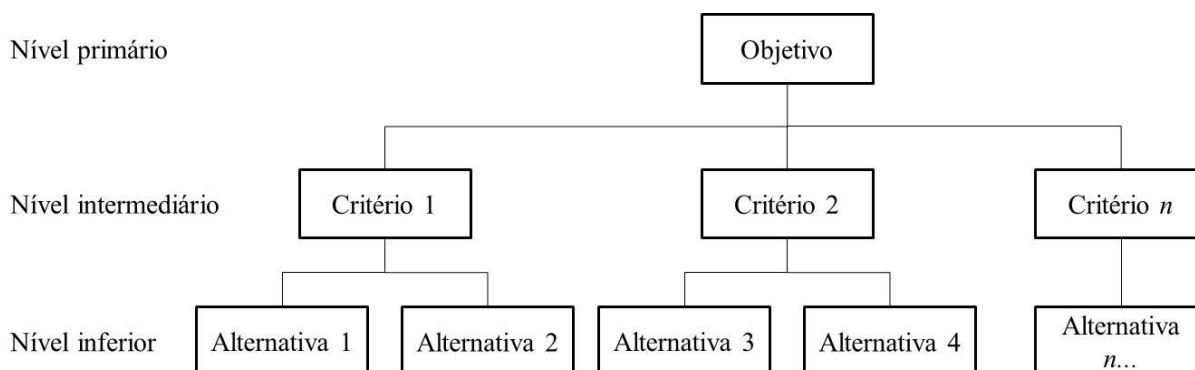


Figura 1 - Estruturação hierárquica do método AHP

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

De acordo com Grandzol (2005) através das comparações par a par em cada nível da hierarquia baseadas na escala de prioridades do AHP, os avaliadores determinam pesos relativos, conhecidos por prioridades, que têm o objetivo de diferenciar a importância dos critérios. A quantificação das opiniões dos avaliadores é realizada baseando-se na escala recomendada por Saaty (1991) que vai de 1 a 9, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala de comparações do método AHP

Pontuação	Intensidade	Forma de avaliação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência favorece uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte	A experiência favorece fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância extrema	A experiência favorece uma atividade em relação à outra, no mais alto grau.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty (1991)

A escala de comparação deve ser utilizada buscando responder duas perguntas, sendo elas: *i*) entre os dois elementos, qual é o mais importante em relação a um critério de nível superior, e; *ii*) com qual intensidade, usando a escala apresentada na Tabela 1. As pontuações par a par devem ser organizadas na forma de uma matriz A quadrada $n \times n$, também conhecida por matriz de comparações pareadas (MCP). A quantidade de julgamentos necessários para a construção de uma matriz genérica A é $n(n-1)/2$, onde n é o número de elementos pertencentes a esta matriz (SAATY, 1996). Os elementos a_{ij} da matriz A , representada na sequência, são determinados pelas seguintes condições: $a_{ij} > 0$, sendo: $a_{ij} = 1$ para todo $i = j$ e $a_{ij} = 1/a_{ji}$.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Salienta-se que, na construção desta matriz, para o elemento mais importante da comparação é utilizado um valor inteiro, enquanto que para o elemento menos importante é usado o inverso desta unidade (valor recíproco).

A modificação dos pesos de cada elemento na Matriz de Comparação Pareada é feita através da divisão dos elementos de cada coluna pela somatória da mesma coluna (normalização) e, em seguida, somando-se os elementos em cada linha resultante e dividindo-se esta soma pelo número de elementos na linha (SAATY, 1991).

A consistência da Matriz de Comparação Pareada pode ser verificada multiplicando-se tal matriz pelo vetor de pesos (w), encontrado na normalização, obtendo-se a Matriz de Consistência (SAATY, 1996). A razão de consistência dos julgamentos, denominada RC, pode ser determinada através da equação (1).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (1)$$

onde: IC = índice de consistência; IR = índice de consistência randômico, obtido para uma matriz recíproca de ordem n , através da Tabela 2.

Tabela 2 - Consistências médias de matrizes randômicas

Tamanho (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,32	1,40	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1991)

Saaty (1991) ressalta que se RC for inferior a 0,1 o grau de consistência é satisfatório, caso contrário podem existir sérios problemas de inconsistência e a qualidade dos julgamentos deve ser aperfeiçoada por meio de uma revisão das estimativas.

O índice de consistência (IC) é determinado pela equação (2).

$$IC = \frac{(\lambda_{máx} - n)}{(n - 1)} \quad (2)$$

sendo que: $\lambda_{máx}$ = maior autovalor da matriz de julgamentos; n = tamanho da matriz.

Uma vez descrito o método AHP, é importante que se analise sua relação com a previsão de demanda. Forman e Gass (2001), apresentam a aplicação do AHP em diversas situações práticas e em diferentes setores para subsidiar a tomada de decisões, tais como escolha, priorização, avaliação e alocação de recursos; *benchmarking*; gestão de qualidade; políticas públicas; planejamento estratégico e inclusive em processos de previsão de demanda.

De acordo com Subramanian e Ramanathan (2012), a previsão de demanda é uma área em que o método AHP foi combinado de modo inovador com diversas outras metodologias, tanto os métodos qualitativos, como o Delphi ou previsões por julgamentos, quanto os quantitativos, como suavização exponencial. Raharjo et al. (2009) utilizaram o método AHP nos processos de previsão como forma de propor o tempo de combinação de previsões. Outro estudo foi de Yuksel (2007), que utilizou o AHP no segmento hoteleiro para realizar ajustes na previsão combinada.

O método AHP pode ser utilizado em três áreas principais da previsão: *i*) primeiramente como ferramenta para obtenção de previsões via opinião de especialistas; *ii*) na seleção do método ou técnica mais apropriado para ser utilizado no processo, e *iii*) na combinação de várias técnicas de previsão para formar uma única previsão combinada (FORMAN e DYER, 1991).

Belton e Goodwin (1996) estudaram a aplicação e o desempenho do AHP como uma ferramenta de previsão de julgamento e observaram que o método não apresentou resultado satisfatório no processo. Desta forma, acrescentaram observações importantes quanto ao uso do AHP diretamente como previsão de julgamento. Entretanto, verificaram que o método poderia desempenhar um papel secundário, como por exemplo, o ajuste de previsões. Neste sentido, novas expectativas e aberturas poderiam ser fornecidas com o método AHP em processos de previsão de demanda.

4. Procedimentos metodológicos

O presente estudo foi desenvolvido através de uma pesquisa aplicada, que de acordo com Cervo et al. (2006) está focada na geração de conhecimentos destinados à resolução de problemas peculiares a algumas situações práticas.

Além disto, este trabalho está baseado em procedimentos demonstrados através de um estudo de caso. Para Yin (2005), o método de estudo de caso é apropriado para estudos que buscam responder questionamentos do tipo “como” e “por que”, quando o foco está inserido em fenômenos do contexto da vida real. Neste sentido procedeu-se ao estudo da seguinte forma: *i*) primeira etapa – levantamento bibliográfico sobre o tema abordado; *ii*) segunda etapa - seleção dos especialistas; *iii*) terceira etapa - identificação das variáveis e; *iv*) aplicação do método AHP.

Na primeira etapa foram realizadas pesquisas e consultas em livros, artigos científicos e demais documentos impressos e digitais que tratam das técnicas de previsão de demanda e do Processo Hierárquico Analítico, que são os objetos de estudo desta pesquisa.

A segunda etapa consistiu em identificar e selecionar os especialistas que pudessem contribuir para o desenvolvimento do trabalho. Neste momento, buscou-se então verificar dentro do quadro de colaboradores da organização aqueles que possuem experiência suficiente e atuam em setores que estão diretamente ligados ao assunto proposto. Este cuidado foi necessário para que a consistência e coerência do objetivo do trabalho fossem preservadas.

A identificação das variáveis que afetam a demanda dos produtos destinados à suplementação animal, que consiste na terceira etapa do trabalho, foi realizada através de uma seção de *brainstorming* com os especialistas selecionados. Com o uso desta técnica, permitiu que todos pudessem expressar seu ponto de vista em relação às variáveis que interferem na demanda e, em seguida, selecionar, através do consenso, aquelas que foram julgadas mais importantes para o processo de previsão de demanda.

Por fim, na quarta etapa foi realizada a aplicação do método AHP para priorizar as variáveis a serem avaliadas no modelo de previsão. Para isto, foram realizadas entrevistas individuais com os especialistas visando coletar dados a serem utilizados no preenchimento da matriz de comparação pareada do método AHP. Posteriormente, estes dados foram tabulados e analisados e, em seguida, foram obtidos os índices pertinentes à análise.

5. Estudo de caso no setor de suplementação animal

5.1. A empresa

O estudo de caso foi realizado em uma empresa de suplementação animal localizada na região sul mato-grossense. Sendo considerada uma organização de médio porte, produz anualmente aproximadamente 33.000 toneladas de produtos destinados aos mercados dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e São Paulo.

Atualmente, não há na empresa um método estruturado para previsão de demanda baseado nos modelos tradicionais encontrados na literatura. A previsão é obtida com base nos dados históricos e nos índices sazonais da demanda dos produtos comercializados. Deste modo, não é possível levar em consideração as variáveis externas que possam interferir na demanda destes produtos. A não incorporação das variáveis no processo de previsão pode acarretar em informações defasadas e equivocadas sobre a realidade dos fatos. Deste modo, o uso de tais informações pode não apresentar relevância para o planejamento eficaz dos recursos da empresa.

Tendo em vista que tanto a oferta dos recursos quanto a demanda pelos produtos da empresa são sazonais, entender os fatores que interferem na demanda e estabelecer uma estrutura apropriada para estimativa de vendas é importante para as atividades, pois impactará em diversos setores, como compras, gestão de estoques, operações e comercial.

5.2. Seleção dos especialistas

Nesta pesquisa foram selecionados três especialistas, apesar da literatura recomendar entre cinco e vinte especialistas. Eles atuam diretamente em setores que são subsidiados pelas informações que o presente trabalho busca proporcionar. Os critérios de seleção destes especialistas foram: *i*) nível de conhecimento e de formação para contribuição com o estudo; *ii*) área de atuação dentro da organização; e, *iii*) tempo de atuação no segmento. A seguir são apresentados alguns detalhes destes especialistas:

- i*) Especialista 1: graduado em economia, ocupa o cargo de diretor da empresa há seis anos e está diretamente envolvido com as questões estratégicas da organização. Tem conhecimento sobre as técnicas de previsão de demanda e também dos perfis dos clientes e do mercado onde a empresa atua.
- ii*) Especialista 2: graduado em zootecnia, ocupa a posição de gerente comercial e atua no ramo de suplementação animal há treze anos. Também conhece os perfis dos clientes e está na frente de trabalho para explorar novos mercados. Suas opiniões são consideradas muito importantes para o estudo, visto que este profissional atua diariamente com clientes e precisa estar atualizado sobre as características e posições do mercado.

iii) Especialista 3: graduado em zootecnia, está neste segmento há vinte e seis anos. Atualmente ocupa a posição de gerente de operações e já atuou no departamento comercial como coordenador de território. Possui vasta experiência sobre as características do mercado.

5.3. Identificação das variáveis

Este processo foi realizado através de sessão de *brainstorming* com os três especialistas selecionados. Tal procedimento foi necessário para que as informações pudessem ser reunidas e discutidas, visando obter maior clareza e coerência em relação ao problema proposto por este trabalho. Inicialmente os especialistas indicaram dezesseis variáveis que poderiam afetar a demanda, sendo elas preço da arroba do boi, condições climáticas (índice de pluviosidade), número de confinamentos, preços das commodities, crescimento do rebanho, consumo da carne bovina, volume de exportação da carne bovina, consumo da carne suína, volume de exportação da carne suína, consumo da carne de frango, volume de exportação da carne de frango, política de preços (própria x concorrente), confiabilidade da marca, ações de marketing, taxa de crescimento da organização e renda per capita. Posteriormente às discussões, verificaram que apenas sete delas seriam de interesse para o estudo, visto que na visão deles as demais estariam relacionadas com estas sete. As variáveis são: i) preço da arroba do boi; ii) número de animais abatidos; iii) condições climáticas; iv) tamanho do rebanho; v) número de animais confinados; vi) preços dos insumos e vii) *Market share*.

É importante ressaltar que as variáveis indicadas pelos especialistas contemplam apenas o ambiente externo da empresa, ou seja, são variáveis aleatórias sobre as quais a organização não possui controle. Após esta etapa, fez-se uso do AHP para priorizar as variáveis levantadas nesta etapa, conforme pode ser visto na próxima etapa.

5.4. Aplicação do método AHP

O primeiro passo realizado foi a construção da árvore hierárquica do método. A Figura 2 apresenta a estruturação hierárquica do método AHP obtida para o estudo de caso, onde todas as variáveis encontram-se no nível intermediário de hierarquia.

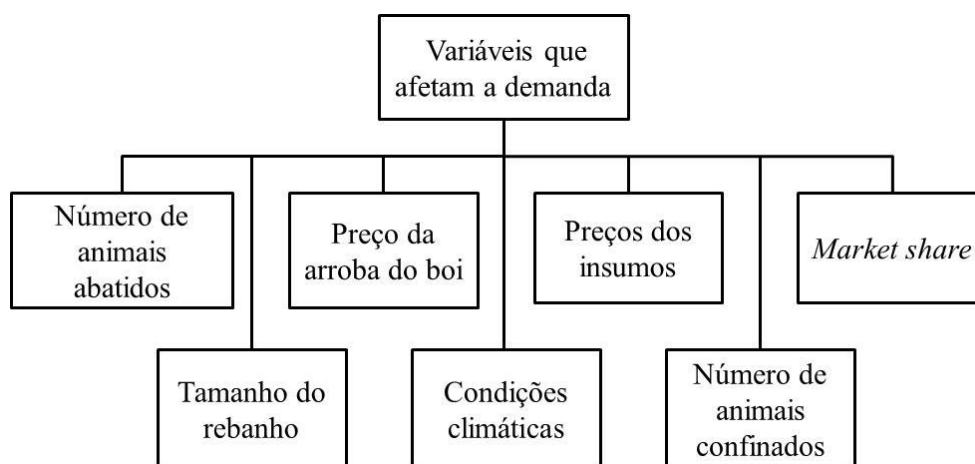


Figura 2 - Estruturação hierárquica do método AHP para o estudo de caso

Posteriormente à construção da árvore hierárquica do AHP, cada um dos três especialistas preencheu a Matriz de Comparação Pareada – MCP para as variáveis situadas no nível intermediário da estrutura hierárquica apresentada na Figura 2. Tal preenchimento foi realizado indagando-se, entre as variáveis da coluna e da linha, qual é a que mais afeta a demanda dos produtos destinados à suplementação animal e com qual intensidade utilizando a escala da Tabela 1 apresentada por Saaty (1991). As Tabelas 3, 4 e 5 apresentam as Matrizes de Comparações Pareadas preenchidas pelos especialistas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 3 - Matriz de Comparação Pareada – Especialista 1

	Tamanho do rebanho	Preço da arroba do Boi	Condições climáticas	Número de animais confinados	Preços dos insumos	<i>Market share</i>	Número de animais abatidos
Tamanho do rebanho	1,00	7,00	7,00	9,00	7,00	9,00	9,00
Preço da arroba do Boi	0,14	1,00	3,00	5,00	3,00	5,00	7,00
Condições climáticas	0,14	0,33	1,00	5,00	5,00	3,00	3,00
Número de animais confinados	0,11	0,20	0,20	1,00	0,20	0,33	0,33
Preços dos insumos	0,14	0,33	0,20	5,00	1,00	1,00	1,00
<i>Market share</i>	0,11	0,20	0,33	3,00	1,00	1,00	1,00
Número de animais abatidos	0,11	0,14	0,33	3,00	1,00	1,00	1,00
Soma	1,75	9,20	12,06	31,00	18,20	20,33	22,33

Tabela 4 - Matriz de Comparação Pareada – Especialista 2

	Tamanho do rebanho	Preço da arroba do Boi	Condições climáticas	Número de animais confinados	Preços dos insumos	<i>Market share</i>	Número de animais abatidos
Tamanho do rebanho	1,00	0,20	0,33	1,00	0,20	1,00	0,33
Preço da arroba do Boi	5,00	1,00	5,00	5,00	3,00	5,00	3,00
Condições climáticas	3,00	0,20	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00
Número de animais confinados	1,00	0,20	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33
Preços dos insumos	5,00	0,33	1,00	3,00	1,00	5,00	0,33
<i>Market share</i>	1,00	0,20	1,00	1,00	0,20	1,00	0,33
Número de animais abatidos	3,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00
Soma	19,00	2,46	9,66	17,00	8,73	17,00	6,32

Tabela 7 - Normalização da Matriz de Comparação Pareada - Especialista 2

	Tamanho do rebanho	Preço da arroba do Boi	Condições climáticas	Número de animais confinados	Preços dos insumos	Market share	Número de animais abatidos	Pesos (w)
Tamanho do rebanho	0,05	0,08	0,03	0,06	0,02	0,06	0,05	0,05
Preço da arroba do Boi	0,26	0,41	0,52	0,29	0,34	0,29	0,47	0,37
Condições climáticas	0,16	0,08	0,10	0,18	0,11	0,06	0,16	0,12
Número de animais confinados	0,05	0,08	0,03	0,06	0,04	0,06	0,05	0,05
Preços dos insumos	0,26	0,14	0,10	0,18	0,11	0,29	0,05	0,16
Market share	0,05	0,08	0,10	0,06	0,02	0,06	0,05	0,06
Número de animais abatidos	0,16	0,14	0,10	0,18	0,34	0,18	0,16	0,18
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabela 8 - Normalização da Matriz de Comparação Pareada - Especialista 3

	Tamanho do rebanho	Preço da arroba do Boi	Condições climáticas	Número de animais confinados	Preços dos insumos	Marketshare	Número de animais abatidos	Pesos (w)
Tamanho do rebanho	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,02
Preço da arroba do Boi	0,21	0,18	0,47	0,21	0,15	0,20	0,14	0,22
Condições climáticas	0,21	0,04	0,09	0,21	0,15	0,12	0,14	0,14
Número de animais confinados	0,12	0,04	0,02	0,04	0,03	0,12	0,06	0,06
Preços dos insumos	0,21	0,18	0,09	0,21	0,15	0,12	0,14	0,16
Market share	0,02	0,04	0,03	0,01	0,05	0,04	0,05	0,03
Número de animais abatidos	0,21	0,53	0,28	0,30	0,45	0,36	0,42	0,36
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Em seguida, continua a operacionalização do método AHP verificando a consistência da Matriz de Comparação Pareada preenchida por cada especialista. Sendo assim, multiplica-se cada entrada destas matrizes pelos pesos (w) normalizados encontrados na etapa anterior e, posteriormente, determina-se o autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$).

O cálculo do *lambda* máximo ($\lambda_{\text{máx}}$) é realizado obtendo-se a soma de cada linha da Matriz de Consistência e, em seguida, dividindo-se pelo seu respectivo peso (w). A média destes valores é o autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$).

A Tabela 9 apresenta os autos-valores encontrados para cada Matriz de Consistência dos especialistas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 9 - Autovalores encontrados para cada variável e autovalores máximos ($\lambda_{\text{máx}}$)

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3
Tamanho do rebanho	8,81	7,24	7,12
Preço da arroba do Boi	8,33	7,66	8,43
Condições climáticas	7,71	7,53	7,85
Número de animais confinados	7,56	7,35	7,24
Preços dos insumos	7,09	7,34	7,98
<i>Market share</i>	7,35	7,39	7,60
Número de animais abatidos	7,27	7,91	7,86
$\lambda_{\text{máx}}$	7,73	7,49	7,72

Com a obtenção do autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$) é possível determinar o Índice de Consistência (IC), através da fórmula $(\lambda_{\text{máx}} - n)/(n - 1)$. Neste estudo de caso, os Índices de Consistência foram de 0,12, 0,08 e 0,12 para os especialistas 1, 2 e 3, respectivamente.

Estes índices, quando divididos pelo Índice de Consistência Randômico, que neste caso é 1,32 ($n = 7$), obtêm-se a Razão de Consistência (RC) dos julgamentos realizados pelos especialistas. As Razões de Consistência das matrizes foram de 0,09, 0,06 e 0,09 para os especialistas 1, 2 e 3, respectivamente.

A Razão de Consistência indica que em 9% das vezes os especialistas 1 e 3 e em 6% das vezes o especialista 2, não conseguiram nenhum raciocínio lógico sobre o problema analisado. Salienta-se que os três valores encontrados para RC foram inferiores a 0,1, indicando que as matrizes estão ajustadas para fazerem as análises desejadas, ou seja, são consideradas consistentes conforme recomenda Saaty (1991).

5.5. Priorização e seleção das variáveis

A priorização de variáveis pelo método AHP é realizada através dos pesos (w) encontrados para cada uma delas nas matrizes normalizadas. Como neste estudo de caso participaram três especialistas, determinou-se a média dos pesos ($w_{\text{médio}}$) de cada variável das matrizes para descrever a importância relativa de cada uma delas sobre a demanda de produtos destinados à suplementação animal.

A Tabela 10 apresenta os valores individuais dos pesos (w) e os pesos médios ($w_{\text{médio}}$) das variáveis e a Figura 3 apresenta as variáveis com seus respectivos pesos médios ($w_{\text{médio}}$), classificadas em ordem decrescente de importância

Tabela 10 - Pesos relativos e pesos médios ($w_{\text{médio}}$) de cada variável

	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Pesos médios ($w_{\text{médio}}$)
Tamanho do rebanho	0,49	0,05	0,02	0,19
Preço da arroba do Boi	0,19	0,36	0,22	0,26
Condições climáticas	0,13	0,15	0,14	0,14
Número de animais confinados	0,03	0,05	0,06	0,05
Preços dos insumos	0,06	0,13	0,16	0,12

<i>Market share</i>	0,05	0,05	0,03	0,05
Número de animais abatidos	0,05	0,21	0,36	0,21
Soma	1,00	1,00	1,00	1,00

É possível observar, através da Tabela 10, que há uma diferença representativa entre os pesos obtidos para a variável tamanho do rebanho do especialista 1 em relação aos especialistas 2 e 3, respectivamente. Isto se deve ao fato que o especialista 1, com formação em economia, possui uma visão de que, quanto maior for o rebanho, maior será o consumo de produtos de suplementação animal. Por outro lado, os especialistas 2 e 3, ambos com formação em zootecnia e que possuem visões mais técnica e comercial em relação à demanda dos produtos, consideram outros fatores ligados a estas duas áreas mais importante que o tamanho do rebanho. Cabe salientar que, se não houvesse esta discrepância, talvez esta variável não afetasse a demanda dos produtos.

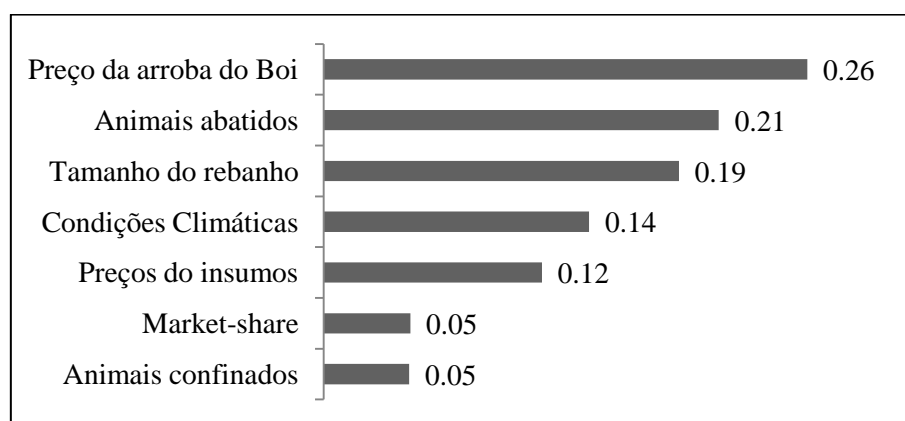


Figura 3 - Pesos médios ($w_{\text{médio}}$) das variáveis classificadas em ordem decrescente

Para selecionar as variáveis a serem avaliadas no modelo de previsão é necessário estabelecer um critério de seleção para complementar a análise do método AHP, sendo utilizada neste estudo de caso a regra de Pareto, conforme apresentado na Figura 4. É possível verificar através desta Figura, que 4 variáveis analisadas (57,14%) apresentam um peso acumulado de 78,40%. Deste modo, as variáveis a serem acrescentadas no modelo de previsão de demanda, em ordem decrescente de importância são: *i*) preço da arroba do boi; *ii*) número de animais abatidos; *iii*) tamanho do rebanho; e *iv*) condições climáticas.

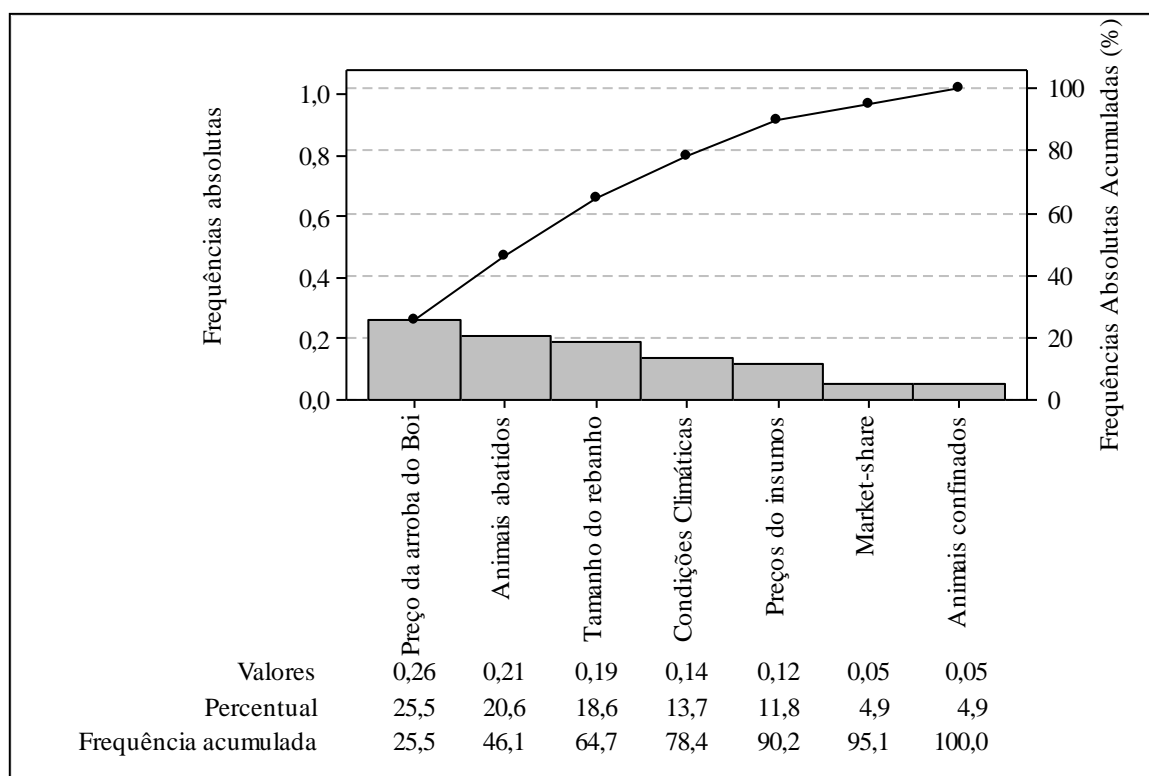


Figura 4 - Gráfico de Pareto para seleção das variáveis

Constata-se ainda que o preço da arroba do boi e o número de animais abatidos destacam-se entre as opiniões dos especialistas, pois os mesmos consideram que através de comportamentos passados do mercado, quanto maior o preço da arroba e maior a necessidade de acelerar o processo de engorda para abate dos animais, maior será o consumo de produtos destinados a sua suplementação.

6. Considerações finais

Esta pesquisa utilizou o Processo Hierárquico Analítico – AHP para selecionar e priorizar quais as variáveis a serem avaliadas em um modelo de previsão de demanda de produtos destinados à suplementação animal. Tal priorização e seleção se fazem necessárias para otimização dos tempos na coleta e tratamento dos dados das variáveis consideradas mais importantes, em detrimento às variáveis menos importante, na visão dos especialistas que participaram do estudo.

Para atingir tal proposição, foi necessário primeiramente selecionar os especialistas para contribuir com o estudo e, em seguida, reuni-los, para através de *brainstorming* identificar as variáveis que podem afetar a demanda dos produtos. Com esta identificação foi possível aplicar o método AHP com os especialistas selecionados para priorizar tais variáveis. Estes especialistas preencheram as Matrizes de Comparações Pareadas – MCP e, posteriormente, foram construídas as matrizes normalizadas, obtendo-se os pesos das variáveis e, por fim, foram verificadas as consistências destas matrizes por meio da Razão de Consistência (RC).

A partir dos pesos relativos (w) de cada variável apresentados pelo método AHP, foi possível determinar os pesos médios ($w_{\text{médio}}$) considerando as opiniões dos três especialistas. Através dos pesos médios, as variáveis foram priorizadas em ordem decrescente de importância para o objetivo almejado do seguinte modo: *i*) preço da arroba do boi com peso 0,26; *ii*) número de animais abatidos sendo o peso de 0,21; *iii*) tamanho do rebanho apresentando peso igual 0,19; *iv*) condições climáticas sendo o peso de 0,14; *v*) preços dos insumos com peso de 0,12; *vi*) *Market share* apresentando peso de 0,05; e *vii*) número de animais confinados tendo o peso apresentado de 0,05.

A seleção das variáveis a serem acrescentadas no modelo de previsão foi realizada através da regra de Pareto. Sendo assim, as variáveis a serem acrescentadas no modelo, em ordem decrescente de importância são: *i*) preço da arroba do boi; *ii*) número de animais abatidos; *iii*) tamanho do rebanho; e

iv) condições climáticas. Tais variáveis representam 57,14% das variáveis analisadas e um peso acumulado de 78,40%.

Por fim, os resultados obtidos com este estudo demonstram que o método AHP pode ser utilizado para priorizar variáveis a serem avaliadas em um modelo de previsão, através da indicação do grau de importância de cada uma delas em relação ao problema proposto.

Referências

ABRAHAM, B.; LEDOLTER, J. *Statistical Methods for Forecasting*. New York: John Wiley & Sons, 2005.

ALTABET, R. *The Forecaster as a Key Member of Strategic Planning Team*. Journal of Business Forecasting Methods & Systems. v. 17, n.3, p. 3-6, 1998.

BELTON, V.; GOODWIN, P. *Remarks on the Application of the Analytic Hierarchy Process to Judgmental Forecasting*. International Journal of Forecasting, v. 12, p. 155-161, 1996.

BLAIR, A. R.; NACHTMANN, R.; SAATY, T.L.; WHITAKER, R. *Forecasting the resurgence of the US economy in 2001: an expert judgment approach*. Socio-Economic Planning Sciences 36: p. 77-91, 2002.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. *Time Series Analysis, Forecasting and Control*, 3. ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1994.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. *Metodologia Científica*. 6ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

DIAS, M. F. P.; FENSTERSEIFER, J. E.; SELKITO, M. A. **Análise multicriterial em estratégia de operações: estudo de caso com compradores de arroz de seis redes supermercadistas**. Produção Online, v.11, n. 3, p. 707-734, 2011.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FORMAN, E. H.; DYER, R. F. *An Analytic Approach to Marketing Decisions*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1991.

FORMAN, E.; PENIWATI, K. *Aggregating individual judgements and priorities with the Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research, v. 108, p. 165-169, 1998.

FORMAN, E. H.; GASS, S. I. *The Analytic Hierarchy Process — an exposition*. Operations Research, p. 469-486, 2001.

GRANDZOL, J. R. *Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: a case for the analytic hierarchy process*. IR Applications, v. 6, 13 p., 2005.

KAHN, K. *An Exploratory Investigation of New Product Forecasting Practices*. The Journal of Product Innovation Management. v. 19, n. 2, p. 133-143, 2002.

KOTLER, P. **Administração de Marketing**. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2000.

LEMONS, F. O. **Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda**. 2006. 183p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. *Forecasting: Methods and Applications*. 3ª ed. New York, John Wiley & Sons, 1998.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PELLEGRINI, F. R. **Metodologia para implementação de sistemas de previsão de demanda**. 2000. 146p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

PERGHER, I.; VACCARO, G. L.; PRADELLA, M. **Aplicação da simulação computacional para determinar a capacidade produtiva do processo de produção de pães: um estudo de caso**. Produto & Produção, vol. 14 n. 1, p. 22-39, 2013.

RAHARJO, H.; XIE, M.; BROMBACHER, A. C. *On modeling dynamic priorities in the analytic hierarchy process using compositional data analysis*. European Journal of Operational Research, v. 194, p. 834–846, 2009.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: Makron Books, 1991. 367 p.

SAATY, T. L. *Highlights and Critical Points in the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research, v. 74, p. 426-447, 1994.

SAATY, T. L. *The Analytic Hierarch Process*. RWS Publications, 1996.

SUBRAMANIAN, N; RAMANATHAN, R. *A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management*. International Journal of Production Economics, v. 138, p.215–241, 2012.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. **Modelo composto para prever demanda através da integração de previsões**. Produção, v. 16, n.3, p.493-509, 2006.

VERÍSSIMO, A. J.; ALVES, C. C.; HENNING, E.; AMARAL, C. E.; CRUZ, A. E. **Métodos estatísticos de suavização exponencial Holt-Winters para previsão de demanda em uma empresa do setor metal mecânico**. Gestão Industrial, v. 08, n. 4, p. 154-171, 2012.

WERNER, L. **Um Modelo Composto para Realizar Previsão de Demanda através da Integração da Combinação e de Previsões e Ajuste Baseado na Opinião**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

YUKSEL, S. *An integrated forecasting approach to hotel demand*. Mathematical and Computer Modelling, p. 1063–1070, 2007.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.