

Previsão de demanda para planejamento da capacidade de empresa do setor cimenteiro

Luiz Otavio Zavalloni Proto (Escola Politécnica - USP) luizproto@netscape.net
Marco Aurélio de Mesquita (Escola Politécnica - USP) marco.mesquita@poli.usp.br

Resumo

A atividade de planejamento da capacidade é de grande importância dentro do processo de planejamento estratégico de empresas de capital intensivo. Um dos pré-requisitos para um bom planejamento da capacidade é dispor de um sistema de previsão de demanda consistente. Este artigo propõe um modelo de previsão de demanda de médio e longo prazo para uma empresa cimenteira. Este tipo de estudo é uma etapa fundamental no processo de elaboração do Plano de Negócios da empresa. Espera-se, a partir da melhoria do processo de previsão de demanda, aprimorar o processo de planejamento da capacidade na empresa. Palavras chave: Previsão de Demanda, Planejamento da Capacidade, Análise de Regressão.

1. Introdução

Segundo HAX & MAJLUF (1984), a essência do sistema de planejamento estratégico é organizar, de maneira disciplinada, as principais atividades da empresa e direcioná-las para manter a eficiência operacional dos seus negócios. Dentro do sistema de planejamento estratégico podem ser identificados três níveis conceituais de hierarquia:

1. Nível Corporativo – trata do direcionamento de recursos e incumbências, respectivamente fortalecedores e constrangedores da formulação das estratégias de mercado;
2. Nível de Negócios – aqui são tratadas, pelos administradores, as questões mais detalhadas pertinentes às opções estratégicas de segmentação de mercado e dos produtos;
3. Nível Funcional – trata dos direcionamentos estratégicos que delimitam as características da empresa no negócio em que ela atua, equacionando os problemas específicos de cada uma das áreas funcionais: Marketing, Produção, Finanças, P&D, RH, etc.

Dentro do processo de planejamento estratégico, uma das atividades de grande importância é o planejamento da capacidade produtiva da empresa. Em indústrias de capital intensivo, como a siderúrgica e a cimenteira, tanto os investimentos em capacidade quanto os custos de modificações das instalações são muito altos. Desta forma, o tempo médio de retorno dos investimentos é longo, fazendo com que seja necessário uma alta utilização da capacidade para que este tempo seja tanto menor quanto possível.

O mercado de cimento no Brasil vem sofrendo retração nos últimos anos. A indústria cimenteira opera hoje com cerca de 35% de ociosidade, um nível considerado elevado. Dadas as incertezas de evolução do mercado para os próximos anos, é fundamental para as empresas do setor quantificar esta evolução através de previsões de demanda de longo prazo, podendo assim, avaliar necessidades tanto de expansão quanto de contração da capacidade.

Este artigo é o resultado de um trabalho realizado na CIMENTOS S.A. (nome fictício), de construção de um modelo de previsão de demanda para planejamento da capacidade, atividade que integra o Plano de Negócios da empresa. A elaboração deste Plano é feita anualmente e contempla todos os níveis hierárquicos de planejamento estratégico descritos inicialmente. No Nível Corporativo é elaborado o Plano Estratégico, com horizonte de 10

anos e que trata de objetivos de longo prazo e do posicionamento de mercado da empresa frente aos concorrentes. Já nos Níveis de Negócios e Funcionais, são elaborados os Planos Funcionais, de horizonte de 5 anos e que tratam individualmente cada segmento de negócio.

A previsão de demanda é necessária tanto na elaboração dos Planos Funcionais, pois nestes são quantificadas as estimativas de evolução dos mercados e das vendas, quanto nos Planos Financeiros, pois nestes são feitas as projeções financeiras (receitas, custos de distribuição e de produção, despesas, etc).

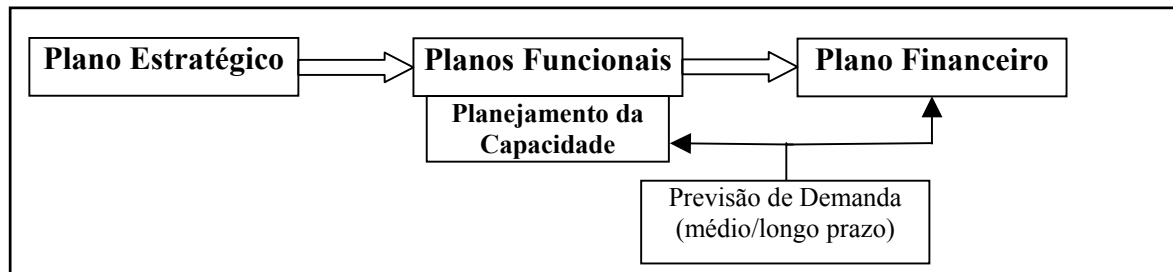


Figura 1 - Inserção da Previsão de Demanda no processo de Planejamento

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo estatístico de previsão de demanda para se estimar a evolução do mercado brasileiro de cimento para um prazo de 5 anos, que forneça subsídios para o planejamento da capacidade instalada. Não se pretende abordar o planejamento da capacidade em si, tampouco o processo de planejamento estratégico.

2. Revisão Teórica

2.1 Planejamento de Capacidade

O planejamento de investimentos em capacidade é de extrema importância nas empresas de capital intensivo, pois envolvem decisões estratégicas de longo prazo que devem levar em consideração aspectos operacionais (p.e. Logística e PPCP), aspectos financeiros (Retorno sobre o Capital Investido, Fluxo de Caixa, etc.) e outros aspectos pouco quantificáveis, mas de extrema relevância quando tratamos de grandes indústrias (impacto social, relacionamento com concorrentes e governo, etc). Decisões de expansão de capacidade são bastante significativas em relação à quantidade de capital envolvido e, se forem tomadas em momentos inadequados, podem colocar em risco a saúde financeira da empresa. Decisões inoportunas de redução de capacidade podem produzir um impacto social elevado além do risco de perda de participação frente à concorrência, caso o mercado volte a apresentar crescimento.

As atividades necessárias ao planejamento da capacidade são:

1. Mapeamento da capacidade atual: levantamento da capacidade produtiva e de sua distribuição geográfica;
2. Prever a demanda futura dos produtos e serviços e avaliar seu impacto na demanda por capacidade:
 - Previsão do tamanho do mercado para o horizonte desejado
 - Estimativa da fatia de mercado futura da empresa
 - Demanda estimada por segmento para a empresa
 - Conversão da demanda estimada em necessidade de capacidade

3. Avaliar as alternativas futuras de gestão da capacidade

- Expansão de Capacidade: aquisição, construção, expansão, ou reativação de fábricas
- Redução de Capacidade: venda ou desativação de fábricas

4. Análise das alternativas

Fica clara, pelo procedimento descrito acima, a importância da previsão de demanda no processo de planejamento da capacidade produtiva.

2.2 Previsão de Demanda

Previsões de demanda são utilizadas nas empresas em diversas situações (p.e. administração de materiais, estudo de lançamento de novos produtos, planejamento da produção, planejamento da capacidade etc.). Para tratar destas diferentes situações, vários métodos foram desenvolvidos. Estes métodos podem ser classificados em quantitativos e qualitativos:

1. Métodos quantitativos:

- Séries Temporais (métodos de projeção): assumem que o futuro será uma reprodução do passado. Os modelos presumem que os dados históricos da demanda se ajustam a uma função matemática, utilizada para projeção das demandas futuras. Exemplos de métodos: média móvel, suavização exponencial, autocorrelação.
- Causais (modelos de regressão): baseiam-se na premissa de que as mesmas leis de dependência entre variáveis explicativas e a demanda permanecerá no futuro. Buscam estabelecer uma função matemática, correlacionando a demanda com uma série de variáveis independentes (VI's), e utilizam esta função para gerar novas previsões. Exemplos de métodos: regressão (simples e múltipla), modelos econométricos.

2. Métodos qualitativos: as previsões são baseadas em julgamento de especialistas. Diferentemente dos modelos quantitativos, a demanda não é explicada matematicamente. Exemplos de métodos: Delphi, composto de forças de vendas.

O princípio das previsões dos métodos de projeção está baseado na extrapolação de padrões como estabilidade, tendência, sazonalidade e ciclicidade da série temporal da demanda. Uma vez identificados um ou mais destes padrões, os métodos supõem que eles irão se repetir no futuro. Assim, pode-se dizer que eles tratam a demanda como uma caixa preta, na medida em que perpetuam o comportamento de seus dados históricos, sem tentar descobrir os fatores que a influenciam. Em geral, são métodos mais indicados para projeções de curto prazo.

Já nos métodos causais, existe a preocupação em se estabelecer correlações da demanda com outras variáveis. A vantagem destes métodos é que eles podem servir como ferramenta para o entendimento mais amplo da demanda, pois tentam identificar e quantificar os principais fatores que a influenciam. Para previsões de médio/longo prazo estes são os métodos mais recomendados. A forma matemática do modelo de regressão linear múltipla é a seguinte:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m + e \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Y = variável dependente (demanda)

X_1, X_2, \dots, X_m = variáveis independentes (fatores que determinam a demanda)

e = erro aleatório (distribuição normal)

Uma vez determinadas as VI's, para se encontrar os valores dos coeficientes b_i 's utiliza-se o Método dos Mínimos Quadrados (MMQ), cujo objetivo é minimizar a soma dos erros quadráticos (SEQ), definidos na equação 2:

$$SEQ = \sum_{t=1}^n e_t^2 = \sum_{t=1}^n (Y - b_0 - b_1 X_{t,1} - b_2 X_{t,2} - \dots - b_m X_{t,m})^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Derivando-se a equação 2 em relação aos coeficientes b_i 's e igualando-a a zero obtém-se um conjunto de equações lineares que permite determinar os coeficientes que minimizam SEQ.

Um tópico importante em problemas de regressão múltipla é a seleção das VI's que irão compor o modelo. Esta tarefa é complexa, pois podem existir diversas de variáveis que têm relação de causa-efeito com demanda, mas nem todas poderão ser usadas. Um modelo com poucas VI's pode não estar captando bem o comportamento da demanda. Já um modelo com muitas VI's, torna a tarefa de prever o comportamento da demanda mais complexa, afinal será necessário projetar também as VI's, além de poder haver problemas de multicolinearidade (redundâncias presentes quando duas VI's são altamente correlacionadas).

O método mais intuitivo e mais simples para a seleção das VI's seria descartar as variáveis que não apresentem alta correlação com a demanda, analisar correlações entre as possíveis VI's e, caso exista uma correlação significativa entre duas possíveis VI's, descartar uma delas. Este método não é recomendado por MAKRIDAKIS et al. (1998), pois, segundo os autores, não necessariamente irá fornecer a combinação de VI's que melhor se correlaciona com a demanda. Ao invés disso os autores apresentam alternativas, como por exemplo, *Best Subset Regression* e *Stepwise Regression*. Ambos os métodos consistem em calcular correlações da demanda com uma série de possíveis VI's e sua aplicação só é possível quando se dispõe de um software estatístico em função da grande quantidade de cálculos necessária.

Independente do processo de construção do modelo, o passo seguinte consiste em avaliar sua capacidade de previsão. Para se avaliar a acurácia de um modelo de previsão, deve se verificar como este modelo se ajusta a dados passados. Inicialmente é necessário que se defina um período de inicialização, no qual são calibrados os parâmetros do modelo de previsão (no caso do modelo de regressão múltipla, são calculados os coeficientes b_i 's pelo MMQ). Feito isso se utiliza um período de testes no qual são avaliados os erros das previsões em relação aos valores reais da demanda. Existem várias formas de se avaliar estes erros, dentre elas o Erro Médio Percentual Absoluto (*Mean Absolute Percentage Error* ou simplesmente MAPE), que facilita a comparação entre diferentes séries históricas e diferentes intervalos de tempo ao colocar os erros numa escala percentual, e a estatística *Durbin-Watson* (D-W), que verifica a existência ou não viés nos erros.

3. Aplicação do Método na CIMENTOS S.A.

A busca de possíveis VI's deve levar em consideração todos os fatores quantificáveis que podem influenciar a demanda. Independente do caso tratado é necessário que se consulte especialistas na área. No caso da CIMENTOS S.A. foram consultados gerentes comerciais e de venda, membros da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e do Sindicato Nacional de Indústria do Cimento (SNIC) para se identificar potenciais VI's. Através deste levantamento chegou-se à seguinte lista de possíveis variáveis:

1. Produto Interno Bruto a preços constantes (PIB)
2. PIB da Construção Civil a preços constantes (PIBcc)
3. Preço deflacionado do cimento (defasado de 1 ano e não defasado) (Preço De / Preço)

4. População (Pop)
5. Consumo (Industrial / Residencial) de energia elétrica (EE ind / EE res)
6. Massa de rendimentos
7. Salário mínimo
8. Nível de Crédito Habitacional
9. Nível de Poupança
10. Taxa Básica de Juros

Elaborada esta lista, partiu-se para a coleta de dados. A maioria das fontes de informação utilizadas é de acesso público (p.e. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Banco Central (BACEN)). Com exceção das variáveis crédito habitacional, nível de poupança, taxa básica de juros e massa de rendimentos, encontrou-se séries a partir do ano de 1970 para todas as variáveis, que foram tratadas como índice para facilitar a análise dimensional (sendo, para todas elas, o valor no ano de 1970 igual a 1,00). Foram utilizados dois períodos de calibração (1970 a 1996 e 1980 a 1996) e um período de testes de cinco anos (1997 a 2001) igual ao horizonte de previsão que estamos trabalhando, sendo que os resultados apresentados a seguir referem-se ao modelo obtido utilizando-se o período de calibração 1980 a 1996.

Após a pré-seleção de variáveis, deve-se decidir quais delas serão utilizadas no modelo. Para isto foi utilizado o software Minitab; a opção pelo uso deste software foi feita, pois ele estava disponível, mas softwares como o SPSS ou SAS poderiam prover resultados semelhantes. O método aplicado foi o *Best Subset*, no qual são calculados os coeficientes de correlação entre a demanda e as diferentes combinações de VI's especificadas. Antes, porém, de se aplicar o método *Best Subset* verificou-se as correlações existentes entre as possíveis VI's:

	PIBcc	PIB	Preço	Preço De	Pop	EE ind	EE res
PIB	0,28						
Preço	-0,48	-0,60					
Preço De	-0,36	-0,33	0,28				
Pop	-0,05	0,93	-0,43	-0,27			
EE ind	0,05	0,92	-0,43	-0,23	0,93		
EE res	0,00	0,93	-0,50	-0,35	0,99	0,88	
Sal Mín	0,20	-0,77	0,19	0,27	-0,90	-0,86	-0,85

Tabela 1 – Coeficiente de Correlação entre variáveis

Nota-se que existe uma alta correlação entre PIB e os consumos de energia elétrica (tanto industrial quanto residencial). Ganham destaque também as altas correlações existentes entre população e PIB, consumos de energia e população e salário mínimo e população. Portanto estes pares de variáveis não podem coexistir no modelo de regressão, para não criar redundâncias (multicolinearidades). Aplicando-se o método *Best Subset*, obtêm-se os seguintes resultados:

Response is Demanda					
16 cases used 1 cases contain missing values.					
P r e E E a P P ç E E l I r o B P e P i r M c I ç D o n e í c B o e p d s n					
Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	C-p	S	
1	47,2	43,4	185,9	0,095769	X
1	46,0	42,2	190,1	0,096790	X
2	75,8	72,1	80,7	0,067292	X X
2	70,4	65,9	100,9	0,074388	X X
3	95,3	94,1	9,7	0,030961	X X X
3	92,0	90,0	22,0	0,040288	X X X
4	96,9	95,7	5,7	0,026273	X X X X
4	95,7	94,2	10,0	0,030691	X X X X
5	97,9	96,9	3,9	0,022579	X X X X X
5	96,9	95,4	7,5	0,027286	X X X X X
6	98,0	96,7	5,5	0,023235	X X X X X X
6	97,9	96,6	5,7	0,023573	X X X X X X
7	98,1	96,5	7,0	0,023832	X X X X X X X
7	98,0	96,3	7,3	0,024346	X X X X X X X
8	98,1	96,0	9,0	0,025474	X X X X X X X X

Tabela 2 - Saída do Minitab para o método Best Subset

Como vemos, na maioria das combinações apresentadas na Tabela 2 existem problemas de multicolinearidade. Desta forma, foram testadas outras combinações não apresentadas pelo método.

O melhor modelo obtido foi aquele que utilizou PIBcc, Preço Defasado e População como VI's. Os erros percentuais absolutos médios foram baixos e pode-se afirmar que não existe autocorrelação entre os resíduos (ou erros) em função do valor da estatística D-W (muito próxima de 2). Outro ponto que merece destaque são os valores de R^2 e R^2 ajustado que, mesmo não tão altos, ainda assim mostram que os modelos têm boa aderência. Os resultados são apresentados abaixo:

$$Demanda = -0,13 + 0,91 * PIBcc - 0,22 * PreçoDe + 0,59 * Pop \quad (\text{Equação 3})$$

PIBcc, Preço Defasado, Pop			
MAPE	D-W	R^2	R^2 ajustado
1,1%	1,95	75,7%	69,7%

Tabela 3 – Resultados do Modelo Causal

É importante atentarmos para o fato de que as projeções feitas para o período de testes (1997 a 2001) são baseadas nos valores reais que as VI's assumiram nestes anos. Na prática, porém, se quisermos utilizar métodos causais para prever a demanda deveremos projetar as VI's. Para tanto, propõe-se um método de série temporal (método de suavização de Holt), uma vez que o uso de métodos causais implicaria em tratar as VI's como dependentes de segunda ordem, o que é complexo e não necessariamente traria melhores resultados. Com as projeções feitas

para os anos de 1997 a 2001 podemos reavaliar os erros fornecidos pelos modelos causais. A Tabela 4 mostra os novos erros (MAPE e estatística D-W) que foram obtidos usando projeções das VI's para os anos de 1997 a 2001.

PIBcc, Preço Defasado, Pop	
MAPE	D-W
3,8%	0,56

Tabela 4 - Resultados do Modelo Causal com projeção das VI's

Observa-se que os erros aumentaram consideravelmente quando utilizou-se um método de series temporais para projeção das VI's. Além de o MAPE ter mais que triplicado, a estatística D-W ficou bem abaixo de 2, indicando uma existência de viés positivos nos erros.

4. Discussão dos Resultados para a CIMENTOS S.A.

Empregando-se o modelo apresentado no item anterior, foram feitas as projeções de demanda para os próximos 5 anos. Isso foi feito de duas formas, sendo que elas diferem no modo em que as VI's foram projetadas: uma utilizando as projeções qualitativas estabelecidas pela CIMENTOS S.A. em seu Plano de Negócios e a outra utilizando-se o método de Holt. Os resultados obtidos em cada caso são os seguintes:

Premissas da CIMENTOS S.A.					
de Evolução das VI's	2002	2003	2004	2005	2006
Varição do PIBcc	-3,5%	-3,5%	2,5%	4,0%	0,0%
Varição da População	1,9%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%
Varição do Preço Deflacionado	12,5%	7,0%	-2,0%	5,5%	2,5%
Varição da Demanda	-1,4%	-3,5%	2,9%	5,9%	0,7%

VI's projetadas pelo Método de Holt					
	2002	2003	2004	2005	2006
Varição do PIBcc	0,9%	0,7%	0,7%	0,7%	0,7%
Varição da População	1,9%	1,4%	1,3%	1,3%	1,3%
Varição do Preço Deflacionado	-4,8%	-1,3%	-1,3%	-1,3%	-1,3%
Varição da Demanda	2,8%	3,1%	2,5%	2,4%	2,4%

Tabela 5 – Previsão da demanda para os anos de 2002 a 2006

5. Conclusões e Possíveis Desdobramentos

Este artigo apresentou os resultados do desenvolvimento de um modelo de previsão de demanda de médio e longo prazo para subsídio ao planejamento da capacidade de uma empresa cimenteira.

Foram revistos conceitos relacionados ao planejamento da capacidade das empresas e abordados também tópicos importantes sobre métodos quantitativos de previsão de demanda.

O modelo causal mostrou-se adequado, mas sua precisão ficou bastante reduzida quando as VI's foram projetadas por métodos de série temporal.

Em relação à previsão de demanda, as seguintes constatações, que podem ser generalizadas para empresas similares (de capital intensivo e produtoras de produtos commodity), merecem destaque:

1. Mesmo que os métodos causais tenham uma boa aderência aos dados passados, os erros de

projeção das VI's podem amplificar os erros das previsões da demanda o que pode tornar os métodos de séries temporais tão interessantes quanto os causais;

2. Modelos causais complexos (modelos de regressão múltipla com muitas VI's e modelos econométricos) são mais interessantes para análises de cenários do que para a previsão propriamente dita.

É válido ressaltar que o trabalho desenvolvido permite uma série de desdobramentos futuros, dentre os quais podemos citar aqueles considerados mais relevantes:

1. Aprimoramento dos modelos desenvolvidos:

- Previsão de demanda em nível regional e estadual: os mercados de atuação de uma empresa cimenteira estão restritos às regiões próximas às fábricas (em função de fretes elevados e do baixo valor agregado do produto final). Sendo assim, uma análise da demanda local seria interessante;
- Análise segmentada da demanda: por experiência de mercado, sabe-se que os fatores que influenciam a demanda são distintos para cada tipo de cliente (p.e. preço do produto para o consumidores particulares (autoconstrutor) e nível de atividade econômica para consumidores industriais). Poderiam ser desenvolvidos modelos que contemplassem estas diferenças, tratando individualmente cada grupo de clientes;
- Desenvolvimento de modelos econométricos: modelos mais complexos, mesmo que tragam ganhos incrementais baixos para a previsão de demanda, pode ser aproveitado para análise de cenários e testes de políticas;
- Métodos qualitativos: apesar de citados, não foram abordados neste trabalho. A opinião de especialistas e o consenso de pessoas que tem contato direto com o mercado, têm grande valor para a previsão de tendências de longo prazo.

2. Abordar a questão do planejamento da capacidade no longo prazo, dentro do processo de planejamento estratégico, envolvendo decisões de expansão ou redução de capacidade como forma de otimização técnico-econômica das operações da empresa;

3. A questão da tomada de decisão e gerenciamento de projetos sob-incerteza: como foi possível comprovar, previsões de longo prazo são extremamente complexas de se realizar e, principalmente, difíceis de se acertar. Um dos desdobramentos possíveis para este trabalho é a análise de como se daria o processo de planejamento e gestão empresarial dentro deste contexto de incerteza.

Referências

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. & HYNDMAN, R.J. (1998) - *Forecasting Methods and Applications*. John Wiley & Sons. 3ª Edição. New York.

HANKE, J.E. & REITSCH, A.G. (1998) - *Business Forecasting*. Prentice-Hall.

COSTA NETO, P.L.O. (1977) - *Estatística*. Edgard Blücher Ltda.

ANSOFF, H. I., DECLERK, R. P., HAYES, R. L. (1987) - *Do planejamento estratégico à administração estratégica*. Atlas. São Paulo

HAX, A. C., MAJLUF, N. S. (1984) - *Strategic management: an integrative perspective*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

SANTORO, M. C. (2000) - *Planejamento, Programação e Controle da Produção – Introdução e Informações Básicas*. Apostila do curso de PPCP da Escola Politécnica da USP.

NEMBOLD, P. (1995) – *Statistics for Business and Economics*. 4ª Ed. Prentice Hall. New Jersey



MINITAB®, Manual de Referência