

ÁREA TEMÁTICA: FINANÇAS
CÁLCULO DO PONTO DE EQUILÍBRIO EM CONDIÇÕES DE RISCO E
INCERTEZA

AUTORES

ANA PAULA PINHEIRO ZAGO

Universidade Federal de Uberlândia
apaulazago@click21.com.br

BRUNO ROBERTO MARTINS ARANTES

Universidade Federal de Uberlândia
brunoarantes72@yahoo.com.br

ELDER FERREIRA NUNES

Universidade Federal de Uberlândia
metodoseguranca@uol.com.br

SIRLEI LEMES

sirlemes@uol.com.br

Resumo

Tradicionalmente, os manuais de elaboração de projetos e análise de investimento tratam o cálculo do Ponto de Equilíbrio de uma forma simplista, considerando que preços de venda, custos fixos e custos variáveis sejam conhecidos com alto grau de certeza. No entanto, num mundo cheio de incertezas, tal modelo fica distante da realidade empresarial, perdendo parte de sua utilidade como instrumento de planejamento das empresas, já que desconsidera o fator risco. Este trabalho discute a forma tradicional de cálculo do Ponto de Equilíbrio e propõe a utilização de um modelo probabilístico, para o cálculo desse importante instrumento de análise financeira. Em termos metodológicos, faz se, inicialmente, uma revisão bibliográfica sobre a utilização do Ponto de Equilíbrio na análise de projetos, sobre os conceitos de risco e incerteza e sobre o método de Monte Carlo. Diante das limitações identificadas no uso do conceito do Ponto de Equilíbrio, apresenta-se uma aplicação do método de Monte Carlo, com o apoio do *software* Crystall Ball®, a partir de dados simulados. O estudo demonstrou que a inclusão do risco e incerteza, no cálculo do Ponto de Equilíbrio, agrega utilidade a esse conceito para fins gerenciais ao permitir uma visão mais realista dos cenários futuros.

Palavras-chave: Ponto de Equilíbrio, risco e método de Monte Carlo.

Abstract

Traditionally, the manuals for elaboration of projects and investment analysis deal with the calculation the Break-even Point in a simple way, considering that sales prices, fixed costs and variable costs are known with high degree of certainty. However, in a world full of uncertainties, such model is distant from the business reality, losing part of its value as instrument for companies planning, since it does not consider the risk factor. This work discusses the traditional form of the Break-even Point calculation and introduces the use of a probabilistic model for applying this important instrument for financial analysis. In a methodological framework, it initially makes a bibliographical overview on the use of the Break-even Point in the project analysis, on risk and uncertainty concepts, and on the Monte Carlo method. With the identified limitations of the use of Break-even Point concept, an

application of the Monte Carlo method from simulated data is presented with the support of the software Crystall Ball®. The study has demonstrated that the inclusion of the risk and uncertainty concepts in the Break-even Point calculation adds a great value to that concept for managerial use because it allows a more realistic view of the future scenery.

Key words: Break-even Point, risk and Monte Carlo method.

1. Introdução

O aumento da competição mercadológica e a crescente complexidade do ambiente gerencial moderno dificultam sobremaneira a elaboração da estratégia empresarial e exigem cada vez mais que as organizações sejam supridas com informações de cunho externo e interno. Essas informações, por sua vez, devem ter como características primordiais: qualidade, grau de relevância, confiança e tempestividade suficientes para subsidiar o processo de tomada de decisão.

É latente, portanto, a necessidade da utilização de ferramentas eficientes, as quais gerem informações integradas, tornando-se imprescindíveis aos gestores, de forma a mantê-los inteirados de todas as etapas e processos das atividades organizacionais. Ao final do processo decisório, o que importa é imprimir segurança nos dados, base da tomada de decisões.

Os manuais tradicionais de análise de projetos trazem uma série de ferramentas a ser utilizada para a tomada de decisão sobre o investimento a ser feito. Dentre elas destacam-se: Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), *Payback* e Ponto de Equilíbrio (PE). No entanto, pouco se discute sobre a análise do risco quando da utilização destas ferramentas, gerando distorções na aplicação dos instrumentos para análise de investimento.

Risco é, fundamentalmente, a possibilidade de perda financeira. É usado como sinônimo de incerteza e refere-se à variabilidade dos retornos associados a um investimento (DAMODARAN, 1997).

Os investidores procuram eliminar ou reduzir o risco por meio da diversificação dos investimentos. No entanto, uma parcela deste, conhecida como risco não-diversificável, não pode ser eliminada pelo processo de diversificação de ativos, ou seja, está atrelada ao comportamento do mercado. Risco diversificável é a parcela de risco de um investimento que é inerente ao próprio investimento. No caso de uma ação ou debênture de uma empresa, são os riscos inerentes a esta empresa, que não afetam o desempenho de outras empresas. Os investidores procuram eliminar ou reduzir tais riscos por meio da diversificação dos investimentos, daí a denominação de risco diversificável. Risco não diversificável é a parcela de risco de um investimento que afeta todas as empresas, não sendo específico de uma somente. Fatores como guerras, inflação e incidentes internacionais compõem o risco não diversificável, o qual não pode ser reduzido ou eliminado por meio da diversificação. Em relação a esse tipo de risco, os ativos reagem de forma diferenciada, embora todos sejam afetados, exigindo dos investidores uma análise criteriosa dos mesmos.

Ainda segundo Damodaran (1997), os investidores são recompensados por assumir somente aqueles riscos que não podem ser eliminados pela diversificação. Por isso, é muito importante o empresário preocupar-se com aqueles riscos “não diversificáveis” e seu relacionamento com o nível de retorno exigido.

Basicamente, os efeitos do risco e da instabilidade podem advir de fatos políticos, econômicos, naturais ou conjunturais. Esses efeitos podem afetar os projetos de diferentes formas, provocando, por exemplo, alterações no nível de atividade econômica do ambiente em estudo, que influenciam a demanda e, conseqüentemente, o fluxo de caixa do projeto.

Por exemplo, determinados acontecimentos econômicos podem acarretar mudanças de ordem cambial, trazendo riscos para os custos, principalmente em projetos cujas receitas

ocorrem em reais e os custos (ou insumos) incorrem em moeda estrangeira. A estabilidade política exerce grande influência sobre questões como emprego, imagem internacional (risco soberano) ou inflação, que também repercutem de modos diferentes sobre o projeto.

Neste contexto, considerar a variável risco quando da utilização de ferramentas de análise financeira é extremamente relevante para a geração de informações que subsidiem adequadamente a tomada de decisão. A questão que se coloca é: até que ponto essas ferramentas geram informações que possibilitem a tomada de decisão em condições de incerteza? Mais especificamente, como a análise do Ponto de Equilíbrio pode contribuir para a tomada de decisão em condições de incerteza?

Quanto ao modelo utilizado, na classificação primária dos modelos de gestão existentes, encontramos dois tipos: os modelos determinísticos, em que os tipos de variáveis e suas medidas são previsíveis e os modelos probabilísticos em que as grandezas das variáveis intervenientes não são previsíveis e dependem de fatores não controlados que devem ser levados em consideração (LEONE, 2000, p. 407).

Neste estudo, pretende-se incorporar a análise do risco na utilização do Ponto de Equilíbrio como instrumento de tomada de decisão, por meio da utilização de um modelo probabilístico: o método de Monte Carlo.

Assim, primeiramente fazer-se-á, através de uma revisão bibliográfica, algumas considerações sobre Ponto de Equilíbrio, risco e incerteza e o método de Monte Carlo. Em seguida, será exemplificado, por meio de um caso simulado, como o Ponto de Equilíbrio poderia ser calculado utilizando-se a simulação de Monte Carlo, com o apoio do *software Crystall Ball*®.

2. Ponto de Equilíbrio (*break-even point*)

O Ponto de Equilíbrio, também conhecido como Ponto de Ruptura ou Ponto de Nivelamento, nasce da conjugação dos custos totais com as receitas totais. Neste contexto, os custos e despesas fixas seriam totalmente absorvidos para que, a partir daí, a empresa possa iniciar seu retorno do investimento com a obtenção de lucro.

Para Martins (2003, p. 257-262), o Ponto de Equilíbrio indica a capacidade mínima que a empresa deve operar para não ter prejuízo. É, portanto, a relação entre o volume de vendas e a lucratividade, determinando o nível de vendas necessário para cobrir os custos operacionais. Ou ainda, é o ponto em que a empresa se equilibra, servindo também para mostrar a magnitude dos lucros ou perdas da empresa se as vendas ultrapassarem ou caírem para um nível abaixo desse ponto.

Pode-se evidenciar o ponto de ruptura pela ótica contábil, econômica e financeira, dependendo da necessidade do analista, que assim são definidos:

- Contábil: é o ponto em que a receita é igual ao custo total, correspondendo a um determinado nível de produção, ou volume de operações;
- Econômico: são adicionados os custos de oportunidade e outros do gênero. Neste caso, existe um lucro que correspondente à remuneração esperada pelos acionistas sobre o capital investido;
- Financeiro: consideram-se apenas os custos desembolsados (Ponto de Equilíbrio de caixa).

Neste artigo, o conceito utilizado é o de Ponto de Equilíbrio Contábil, que, tradicionalmente é representado pela fórmula:

$$PE = CF / MC \text{ sendo: } MC = P - CV \text{ ou } PE = CF / (P - CV)$$

Onde:

PE = Ponto de Equilíbrio

CF = Custo Fixo

MC = Margem de Contribuição

P = Preço unitário de venda do produto

CV = Custo Variável por unidade

Normalmente, as empresas consideram que todas as variáveis de entrada deste modelo (preço de venda e custos fixos e variáveis) são conhecidas com certeza (modelo determinístico). No entanto, algumas ou todas as variáveis do modelo podem apresentar um comportamento aleatório (modelo probabilístico). Segundo Hoel (1963), o termo aleatório é utilizado para indicar que o valor que tal variável assume num experimento depende da ocorrência do experimento que, por sua vez, depende do acaso.

Adicionalmente, no cenário econômico atual, onde as empresas geram diversos produtos, a utilização de diferentes sistemas de custeio e de critérios diferenciados de rateio dos custos e despesas fixos possibilita um número infinitamente grande de divergentes resultados para os PE por produto e global de uma empresa.

A análise do Ponto de Equilíbrio tem seu lugar de destaque para as considerações preliminares sobre o custo, o volume de produção e os lucros projetados da entidade quando do planejamento. Esta análise deve permitir compreender como o lucro pode ser afetado pelas variações nos elementos que integram as receitas de vendas e os custos e as despesas totais.

O Ponto de Equilíbrio constitui-se num indicador importante do risco operacional de certo negócio quando comparado com a capacidade de produção ou com a demanda máxima do mercado. Obviamente, quanto mais próximo destes limites estiver o Ponto de Equilíbrio, ou seja, quanto menor for sua margem de segurança, maior será o risco operacional.

Segundo Leone (2000, p.354) a margem de segurança, nos estudos de Ponto de Equilíbrio, é a diferença entre o que a empresa pode produzir e comercializar, em quantidade de produtos, e a quantidade apresentada no Ponto de Equilíbrio. Chama-se margem de segurança porque mostra o espaço que a empresa tem para gerar lucro após atingir o Ponto de Equilíbrio.

O cálculo do Ponto de Equilíbrio, no entanto, tradicionalmente, assume algumas hipóteses simplificadoras que influenciam a interação entre o modelo e o mundo real, pois eliminam a incerteza, inerente à análise. As suposições básicas são:

- É possível separar os componentes fixo e variável de cada item de custo: em muitos casos práticos um dado item de custo pode ter um comportamento misto, ou seja, pode constituir-se num certo valor constante dentro de certos intervalos do volume de operações, mas, também, pode elevar-se à medida que se passa para um intervalo superior de produção, nele permanecendo constante até um novo intervalo;
- Os custos fixos totais não se alteram com a variação do volume de produção;
- O preço de venda permanece inalterado com a variação do volume de produção;
- As condições e políticas operacionais são constantes: significa que a análise, quando efetuada, baseia-se em certas estimativas de custo de mão-de-obra, matéria-prima, preço de venda de produtos ou serviços, bem com em um limite de capacidade operacional, que não podem ser alterados facilmente;
- O que a empresa produz em determinado período é vendido neste mesmo período.

Deve-se observar, também, que:

- Estruturas diferenciadas em termos de composição de custos e despesas fixos e variáveis provocam diferenciadas condições de resistências a oscilações nos volumes e preços de venda;
- Devido às distorções causadas pela arbitrariedade do rateio dos Custos Indiretos de Fabricação (CIF), além da variabilidade provocada pela divisão dos custos totais pelas unidades produzidas no período (quanto menos se produz maior o custo por unidade?) é difícil a identificação de custos e despesas fixos aos produtos e, conseqüentemente, a determinação do Ponto de Equilíbrio específico de cada item, o que dificulta a determinação do melhor *mix* de produção para a empresa.

O distanciamento dessas suposições básicas da realidade empresarial determina discussões mais profundas e a busca de alternativas para melhorar a informação, de forma a permitir o uso do conceito do Ponto de Equilíbrio em sua plenitude.

3. Risco e incerteza na análise do Ponto de Equilíbrio

Onde houver atividades que envolvam tomada de decisão, estarão presentes ou o risco, ou a incerteza ou ambos. Isso se deve ao fato de que uma vez escolhida a alternativa, dentre outras colocadas no problema de decisão, o seu resultado esperado pode sofrer variações em função do que Moreira (1996, p.131) chamou de “estados da natureza”. Segundo o autor os estados da natureza “são as ocorrências futuras que podem influir sobre as alternativas, fazendo com que elas possam apresentar mais de um resultado”.

Desse modo, os resultados esperados de decisões sobre o nível mínimo de vendas para fins de determinação do nível de operações e da lucratividade, por meio da análise do Ponto de Equilíbrio, também estão sujeitos a variações em função dos estados da natureza. Então, faz-se necessário que a análise do Ponto de Equilíbrio leve em consideração o risco e a incerteza.

Antes de se proceder à discussão sobre como o risco ou a incerteza pode estar presente em uma análise do Ponto de Equilíbrio, serão feitas a revisão desses conceitos e a identificação do conceito adotado neste estudo.

Para que a diferença conceitual entre risco e incerteza possa ser demonstrada, deve-se recorrer ao conceito estatístico de probabilidade. Essa pode ser definida como a medida da possibilidade ou chance de que determinado evento possa ocorrer. Por exemplo, a probabilidade do evento “o volume de vendas no ano de 2005 ser de 15.000 unidades” pode variar de zero (nenhuma chance) até um (chance concreta e efetiva).

Nesse sentido, quando o tomador de decisões tiver conhecimento das probabilidades de ocorrência de determinado evento, ou ainda tiver condições de calculá-la com um mínimo de precisão, então haverá o risco quanto a variação no resultado esperado. Contudo, se não houver dados ou conhecimento anteriores sobre as probabilidades de ocorrência de um evento, as variações no resultado esperado estarão sujeitas à incerteza.

Embora tanto o risco quanto a incerteza tenham conceitos diferentes, a literatura os vem tratando como sinônimos. Para Gitman (1987, p.131), o risco e a incerteza são utilizados indiferentemente com relação à variação dos retornos esperados. Segundo o autor, embora risco esteja relacionado a distribuições probabilísticas objetivas e a incerteza a distribuições probabilísticas subjetivas, os dois são usados alternativamente em situações que envolvam decisões com risco.

Andrade (1989, p. 261) utiliza os dois conceitos numa relação de causa e efeito, ao definir o risco como “o grau estimado de incerteza, com respeito à realização de resultados futuros desejados”. Isso significa que quanto maior for a incerteza sobre determinado evento, maior será o seu risco. É esse entendimento que o presente artigo irá adotar com relação ao risco e a incerteza na análise do Ponto de Equilíbrio.

Woiler e Mathias (1996, p.213) classificam o risco de um projeto em dois grandes grupos. Essa classificação, baseada na fonte dos riscos, pode ser também utilizada para os riscos inseridos na análise do Ponto de Equilíbrio. Segundo os autores, os riscos são agrupados, conforme a origem em:

- Fontes endógenas: riscos que se originam de estimativas ou hipóteses sobre fatores internos, tais como volume de investimento, custos e eficiência de produção, custos da estrutura administrativa etc. O gestor tem, sobre esses riscos, um grau maior de controle.

- Fontes exógenas: os riscos que têm origem em estimativas ou hipóteses sobre fatores externos à organização, como conjuntura econômica do país e do exterior, situação do setor em termos de competição, custos de matérias-primas etc.

Uma vez discutidos os conceitos relativos ao risco e a incerteza, serão apresentadas as formas de abordá-los na análise do Ponto de Equilíbrio. O caminho se inicia por reconhecer a não linearidade clássica dos custos totais (fixos e variáveis).

Martins (2003, p. 254) demonstra que nem os custos fixos nem os variáveis apresentam um padrão linear de comportamento. Para o autor, em função da variação para uma determinada faixa de produção, há uma distorção na reta dos custos totais. Isso se deve, por exemplo, a uma elevação das necessidades de manutenção das máquinas (custos fixos) e de mão-de-obra direta (custos variáveis).

A partir do momento em que essa variação é reconhecida, deve, então, estar presente a incerteza com relação aos resultados possíveis. Assim, o risco, enquanto grau estimado da incerteza, deverá ser considerado na análise do Ponto de Equilíbrio sob pena de limitação em sua utilidade para fins gerenciais.

Para que o risco seja considerado na análise é necessário: (1) identificar as fontes de risco para o cálculo do Ponto de Equilíbrio e (2) determinar os métodos a serem utilizados para analisar o risco.

O Quadro 1, a seguir, sintetiza as variáveis envolvidas no cálculo do Ponto de Equilíbrio aqui discutidas levando-se em consideração algumas das possíveis fontes de risco.

Componentes do PE	Fontes de Risco	
	Endógenas	Exógenas
Custos e Despesas Fixos	Elevação de salários	Elevação de encargos e tarifas públicas
Preço de Venda	Mudança de estratégia mercadológica	Preferência dos consumidores Novos entrantes
Custos e Despesas Variáveis	Sinistralidade em estoques Sucesso/Insucesso de programa de qualidade	Elevação no custo de aquisição de matérias-primas
Custo de Oportunidade	Elevação da Taxa Mínima de Atratividade	Variações expressivas na conjuntura econômica do país
Depreciação	Sinistralidade e uso inadequado dos equipamentos	Obsolescência tecnológica

Quadro 1- Fontes de risco em uma análise de Ponto de Equilíbrio

Há diversos métodos para se analisar o risco num de tomada de decisão. Neste artigo, optou-se pelo método de Monte Carlo. Como o Ponto de Equilíbrio comumente é tratado como um insumo para uma decisão e não o problema em si, o ideal é verificar o seu comportamento frente a variações provocadas por uma ou mais fontes de risco em função da sua probabilidade de ocorrência.

De acordo com Corrar (1993), a construção de modelos mais coerentes com a realidade deve, necessariamente, considerar a característica de aleatoriedade dos comportamentos das variáveis que compõem esses modelos.

Nesse caso, o método de Monte Carlo é o mais adequado pelo fato de trabalhar com a aleatoriedade na seleção dos valores de cada variável, permitindo que sejam simulados os comportamentos dessas variáveis.

4. O método de Monte Carlo e a determinação das distribuições de probabilidade

O método de Monte Carlo (nome devido à famosa roleta de Monte Carlo) está relacionado com o ramo da matemática que diz respeito aos experimentos com números aleatórios e data de 1944, quando foi utilizado como ferramenta de pesquisa para o desenvolvimento da bomba atômica na Segunda Grande Guerra (NAYLOR et al, 1971).

Esse método consiste na projeção de cenários dos fatores de risco com o uso de técnicas-padrão para geração de números aleatórios tendo por base os parâmetros das distribuições que podem ser definidos subjetivamente ou retirados da série histórica. Essa metodologia visa representar, da melhor forma possível, o comportamento das oscilações do fator de risco.

É importante ressaltar que uma das principais preocupações, quando se utiliza a simulação de Monte Carlo, é não introduzir “tendências” na geração de cenários por imperfeição no processo gerador de números aleatórios.

Essa forma de simulação apresenta a vantagem de poder inter-relacionar variáveis aleatórias de modo a considerar as combinações possíveis destas variáveis sobre um mesmo instrumento. Além disso, possibilita a observação de todas as informações dos cenários sem o limitador da quantidade de dados históricos.

Outra vantagem dessa metodologia é poder controlar o erro de convergência, pois não há limite teórico para o número de cenários aleatórios utilizados. Assim, as principais dificuldades referem-se à correta especificação da distribuição das oscilações dos fatores de risco e ao processo de geração dos números aleatórios.

O método de Monte Carlo apresenta, no entanto, algumas desvantagens: (1) a complexidade matemática exigida para seu entendimento; (2) as demandas computacionais geradas tanto pelo processo de criação de números aleatórios como pela interligação entre os valores dos fatores de risco; (3) a não utilização das correlações condicionais entre os fatores de risco; e (4) a dificuldade de se estipular corretamente as distribuições de probabilidades das variáveis envolvidas.

A utilização de técnicas estatísticas, como a análise de regressão, é uma forma de se determinar o comportamento futuro das variáveis quando se dispõe de dados passados destas mesmas variáveis. No entanto, quando inexistem dados anteriores ou estes são deficientes, a determinação das probabilidades pode ser feita:

- de acordo com as expectativas dos dirigentes, devido a sua experiência passada;
- de acordo com as expectativas de um grupo de especialistas.

As informações subjetivas obtidas com os dirigentes da empresa ou com o grupo de especialistas podem ser desenvolvidas em três níveis: estimativa otimista, estimativa mais provável e estimativa pessimista.

A estimativa mais provável corresponde à média das opiniões dos especialistas. As estimativas otimistas e pessimistas poderão ser obtidas considerando-se um desvio padrão acima ou um desvio padrão abaixo da média, respectivamente (BOUCINHAS, 1972).

5. Cálculo do Ponto de Equilíbrio numa situação de uniproduto

Neste trabalho, o método de Monte Carlo será utilizado para o cálculo da distribuição de probabilidades do Ponto de Equilíbrio, em função dos diversos valores que seus componentes podem assumir no período considerado no cálculo. Para a realização das simulações, foi utilizado o *software Crystall Ball*®.

Corrar (1993) demonstrou, por meio de uma simulação pelo método de Monte Carlo, as implicações do risco e da incerteza na análise de um problema de tomada de decisão sobre o lucro. Na determinação das probabilidades das variáveis envolvidas no cálculo do lucro, o autor utilizou o conceito de probabilidade subjetiva. Por essa abordagem, a probabilidade de ocorrência de um determinado evento é atribuída por uma pessoa em função de sua

experiência pessoal em relação ao evento em estudo e da situação específica vivida no momento. Assim, a probabilidade subjetiva de ocorrer um evento “A”, atribuída por uma pessoa, pode divergir da probabilidade de ocorrência desse mesmo evento; porém, atribuída por outra pessoa.

Essa abordagem de probabilidade é muito freqüente em questões relacionadas à área de administração, onde situações de indisponibilidades de dados passados e opiniões dos gestores baseadas em suas experiências pessoais podem inviabilizar a atribuição de probabilidade de forma objetiva (ANDRADE, 1989, p. 355).

Os valores trabalhados neste artigo são hipotéticos, uma vez que o objetivo do artigo está em demonstrar a importância da análise do Ponto de Equilíbrio considerando o risco e a incerteza. Porém, o método pode ser aplicado, de forma similar, a valores reais.

A Tabela 1, a seguir, demonstra os valores e as probabilidades das variáveis envolvidas no cálculo do Ponto de Equilíbrio contábil.

Tabela 1 – Valores e probabilidades das variáveis para cálculo do Ponto de Equilíbrio: uniproduo

Componentes do PE	Probabilidades (%)			Valores (R\$)		
	Pessimista	Provável	Otimista	Pessimista	Provável	Otimista
Custos e Despesas Fixas	0,25	0,65	0,10	295.000	250.000	220.000
Preço de Venda (unitário)	0,10	0,70	0,20	15	20	25
Custos e Despesas Variáveis (unitário)	0,15	0,75	0,10	12	10	8

Os dados da Tabela 1 foram obtidos com o uso *software* do Crystall Ball®. Para a geração dos números aleatórios foram simulados 5.000 eventos. O resultado das simulações é apresentado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Distribuição das probabilidades do Ponto de Equilíbrio em unidades

Ponto de Equilíbrio (Intervalo)			Frequência	Probabilidade	Probabilidade Acumulada
- Infinito	a	15.094	9	0,1800	0,1800
15.094	a	16.042	40	0,8000	0,9800
16.042	a	16.991	68	1,3600	2,3400
16.991	a	17.940	119	2,3800	4,7200
17.940	a	18.888	154	3,0800	7,8000
18.888	a	19.837	168	3,3600	11,1600
19.837	a	20.785	236	4,7200	15,8800
20.785	a	21.734	309	6,1800	22,0600
21.734	a	22.683	352	7,0400	29,1000

22.683	a	23.631	406	8,1200	37,2200
23.631	a	24.580	458	9,1600	46,3800
24.580	a	25.528	450	9,0000	55,3800
25.528	a	26.477	402	8,0400	63,4200
26.477	a	27.426	355	7,1000	70,5200
27.426	a	28.374	302	6,0400	76,5600
28.374	a	29.323	244	4,8800	81,4400
29.323	a	30.271	190	3,8000	85,2400
30.271	a	31.220	136	2,7200	87,9600
31.220	a	32.169	116	2,3200	90,2800

Tabela 2 – Distribuição das probabilidades do Ponto de Equilíbrio em unidades

(Continuação)

32.169	a	33.117	76	1,5200	91,8000
33.117	a	34.066	66	1,3200	93,1200
34.066	a	35.014	47	0,9400	94,0600
35.014	a	35.963	41	0,8200	94,8800
35.963	a	36.912	31	0,6200	95,5000
36.912	a	37.860	21	0,4200	95,9200
37.860	a	38.809	21	0,4200	96,3400
38.809	a	+ Infinito	183	3,6600	100,0000

O resultado das simulações pode ser visualizado de outra forma, conforme Gráfico 1, a seguir.

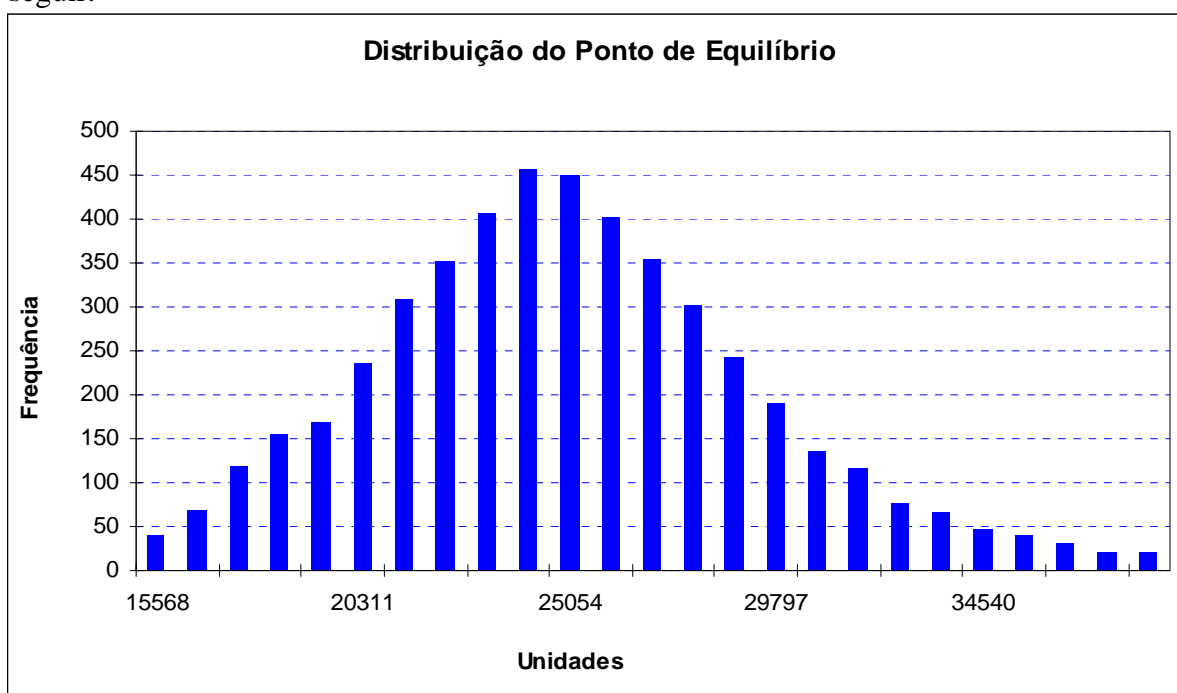


Gráfico 1 - Distribuição de probabilidades do Ponto de Equilíbrio

Pela análise do Gráfico 1 e da Tabela 2, o gestor dessa empresa poderia fazer algumas considerações, dadas as condições de risco e incerteza colocadas anteriormente, tais como:

- É mais provável que o Ponto de Equilíbrio se situe na faixa de 22.683 a 26.476 unidades (34,32%).
- A probabilidade de que a empresa tenha que vender mais de 38.809 unidades, para alcançar o Ponto de Equilíbrio, é de 3,66%.
- A probabilidade do Ponto de Equilíbrio se situar abaixo de 20.785 unidades é de 15,88%.

Essas e outras considerações são passíveis de serem emitidas devido ao fato de se considerar o risco e a incerteza no cálculo do Ponto de Equilíbrio.

Como visto, o uso do risco e da incerteza, por meio de simulações, permite ao gestor a construção de cenários mais dinâmicos. Se, por outro lado, o Ponto de Equilíbrio for obtido por meio do cálculo de seu valor esperado, o resultado levará em consideração o risco e a incerteza, porém não permitirá perceber os diferentes graus de risco.

Pode-se observar, na Tabela 3, que o valor esperado está bastante próximo da média da distribuição do Ponto de Equilíbrio que foi de 25.871 unidades. Porém, pelo Gráfico 1 se percebe que a probabilidade do Ponto de Equilíbrio se situar em torno do valor esperado é de apenas 9%. Com a simulação foi possível perceber que é mais provável que o Ponto de Equilíbrio tenha uma faixa de variação maior do que o valor esperado pode exprimir.

A Tabela 3 demonstra um exemplo do cálculo do Ponto de Equilíbrio contábil, pelo valor esperado, considerando os mesmos dados da Tabela 1.

Tabela 3 – Exemplo de cálculo do PE pelo valor esperado

Componentes do PE	Probabilidades (%)			Valores (R\$)		
	Pessimista	Provável	Otimista	Pessimista	Provável	Otimista
Custos e Despesas Fixas	0,25	0,65	0,10	295.000	250.000	220.000
Preço de Venda (unitário)	0,10	0,70	0,20	15	20	25
Custos e Despesas Variáveis (unitário)	0,15	0,75	0,10	12	10	8
Valor Esperado C e D Fixas	$(0,25 \times 295.000) + (0,65 \times 250.000) + (0,10 \times 220.000) = 258.250$					
Valor Esperado Preço de Venda	$(0,10 \times 15) + (0,70 \times 20) + (0,20 \times 25) = 20,50$					
Valor Esperado C e D Variáveis	$(0,15 \times 12) + (0,75 \times 10) + (0,10 \times 8) = 10,10$					
Ponto de Equilíbrio	$(258.250) / (20,50 - 10,10) = 24.832$ unidades					

6. Cálculo do Ponto de Equilíbrio em uma situação de multiprodutos

No item 5 deste artigo, o risco e a incerteza foram incorporados ao cálculo do Ponto de Equilíbrio de uma empresa que produz um único produto. Quando, no entanto, a empresa produz diversos produtos, situação bem mais comum, o cálculo assume maior complexidade.

Neste caso, conforme já apontado neste trabalho, cada produto possui custos e despesas variáveis diferentes, o que impossibilita o cálculo de um Ponto de Equilíbrio global sem o uso de artifícios para definição de uma margem de contribuição única. Além disso, a separação dos custos fixos por produto somente pode ser feita com o uso de métodos arbitrários de rateio, o que dificulta o cálculo do Ponto de Equilíbrio de cada produto.

De acordo com Martins (2003, p.278) o cálculo do Ponto de Equilíbrio global se limita pela presença de uma das seguintes situações:

- As margens de contribuição de todos os produtos são iguais em termos monetários;
- As margens de contribuição de todos os produtos são iguais em percentual sobre o preço de venda;
- As quantidades produzidas e vendidas de cada produto da empresa mantém equivalência entre si;
- Os custos e despesas fixos são identificados aos produtos sem nenhum rateio.

No primeiro caso, seria obtido um PE em unidades para todos os produtos, mas sem possibilidades de identificação das quantidades individuais.

No segundo, seria obtido um PE único definido monetariamente, mas sem definição de quantidades, já que estas dependeriam também das diferentes combinações possíveis entre os volumes dos produtos. A existência, no entanto, de margens de contribuição iguais é uma situação atípica. Normalmente, o que ocorre é a existência de diversos produtos com diversas margens de contribuição, gerando infinitas combinações e possibilidades de Pontos de Equilíbrio.

No terceiro caso, seriam montados *n kits* de produtos (cada kit seria composto por uma unidade de cada produto) e calculada a margem de contribuição por *kit* e, em seqüência, o PE por *kit*.

Nos três primeiros casos, considera-se que os custos e despesas fixos são comuns, exigindo-se a utilização de critérios de rateio para a separação destes por produto. No quarto caso, no entanto, o Ponto de Equilíbrio só pode ser calculado se estes custos e despesas puderem ser identificados diretamente aos produtos, sem a necessidade de rateios.

O autor lembra, no entanto, que os Pontos de Equilíbrio por produto tratam somente da amortização dos custos e despesas fixos identificados e que, normalmente, restam ainda (agora em menor proporção) os não identificados, comuns a todos os produtos.

Ainda segundo Martins (2003, p.280), o PE específico por produto é apenas uma parte da solução do problema. “Para a obtenção desse PE global, não existe de fato fórmula alguma capaz de resolver o problema que não leve em consideração as inúmeras possibilidades de combinações entre os vários produtos”.

Leone (2000, p.351) diz haver duas maneiras de calcular o PE quando a empresa produz mais de um produto:

- Separando-se os custos de estrutura entre os produtos fabricados pela empresa (o que exigiria a adoção de sistemas de rateio para esses custos);
- Mantendo-se fixo o *mix* de produtos da empresa. Utiliza-se a média ponderada da margem de contribuição para o cálculo do PE global.

O autor ainda define (2000, p.331) os custos de estrutura como aqueles periódicos, cobertos pelo resultado bruto e relacionados à estrutura disponível da fábrica para que ela possa operar, não importando o quanto foi utilizado. Como, na análise do PE, custos e despesas definem o mesmo elemento, pode-se dizer que os custos de estrutura representam os custos e despesas fixos relacionados à capacidade instalada.

O que foi exposto até agora demonstra a grande dificuldade encontrada para o cálculo do Ponto de Equilíbrio em situações de multiprodutos e a inexistência de uma fórmula definitiva para o problema. Diferentes margens de contribuição e a impossibilidade de correta alocação dos custos e despesas fixos são os obstáculos para o cálculo do PE neste caso.

Neste artigo, assume-se que a forma de cálculo do Ponto de Equilíbrio global, através do *mix* de produtos, proposta por Leone, é uma alternativa plausível para o cálculo do PE em situações de multiprodutos e incorpora-se a ela o risco e/ou incerteza através da simulação de Monte Carlo.

Assim sendo, a fórmula a ser utilizada para o cálculo do Ponto de Equilíbrio global, no caso de multiprodutos, é:

$$PE_g = CF_t / MCP \quad \text{sendo:}$$

PE_g = Ponto de Equilíbrio global

CF_t = Custo e Despesas Fixos totais

MCP = Margem de Contribuição Ponderada do *mix* de produtos.

A seguir, serão apresentados os resultados do cálculo do Ponto de Equilíbrio de uma empresa que produz quatro produtos diferentes em condições de incerteza. Nesses cálculos também foi utilizado o software *Crystal Ball*®.

Os cálculos novamente se deram sob valores fictícios e com probabilidades subjetivas, onde a empresa em questão produz os seguintes produtos: camisa, vestido, calça e bermuda.

A Tabela 4 demonstra, em função da capacidade instalada da empresa, a produção máxima de cada produto que compõe o seu *mix*. Nesse caso supõe-se fixa essa capacidade.

Tabela 4 – Cálculo da composição do *mix* da empresa

Apuração do <i>Mix</i>	Produtos			
	Camisa	Vestido	Calça	Bermuda
Capacidade de Produção (unid./mês)	5.500	2.500	1.500	500
Participação no <i>Mix</i>	0,55	0,25	0,15	0,05
	5.500/10.000	2.500/10.000	1.500/10.000	500/10.000

As probabilidades, também subjetivas, e os valores dos preços de venda e custos variáveis de cada produto são demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 – Probabilidades e valores dos produtos que compõem o *mix*

	Probabilidades (%) / Valores (R\$)											
	Pessimista				Provável				Otimista			
	Cam	Ves	Cal	Ber	Cam	Ves	Cal	Ber	Cam	Ves	Cal	Ber
Preço de Venda (unitário)	0,15	0,10	0,12	0,23	0,65	0,75	0,60	0,50	0,20	0,15	0,28	0,27
	\$ 20	\$ 60	\$ 35	\$ 30	\$ 30	\$ 75	\$ 40	\$ 35	\$ 40	\$ 85	\$ 45	\$ 45
Custos e Despesas Variáveis (unitário)	0,20	0,18	0,15	0,10	0,60	0,70	0,65	0,65	0,20	0,12	0,20	0,25
	\$ 20	\$ 40	\$ 20	\$ 25	\$ 10	\$ 20	\$ 10	\$ 15	\$ 8	\$ 15	\$ 9	\$ 10
Custo e Despesas Fixas	0,20				0,70				0,10			
	\$ 200.000				\$ 150.000				\$ 100.000			

Os dados da Tabela 5 foram obtidos utilizando-se do *software* *Crystall Ball*®. Para a geração dos números aleatórios foram simulados 5.000 eventos. O Gráfico 2, a seguir,

demonstra a distribuição das probabilidades de ocorrência de determinados valores para a Margem de Contribuição Ponderada. Os dados originais para o Gráfico 2 foram obtidos por simulação de forma similar aos apresentados na Tabela 2.

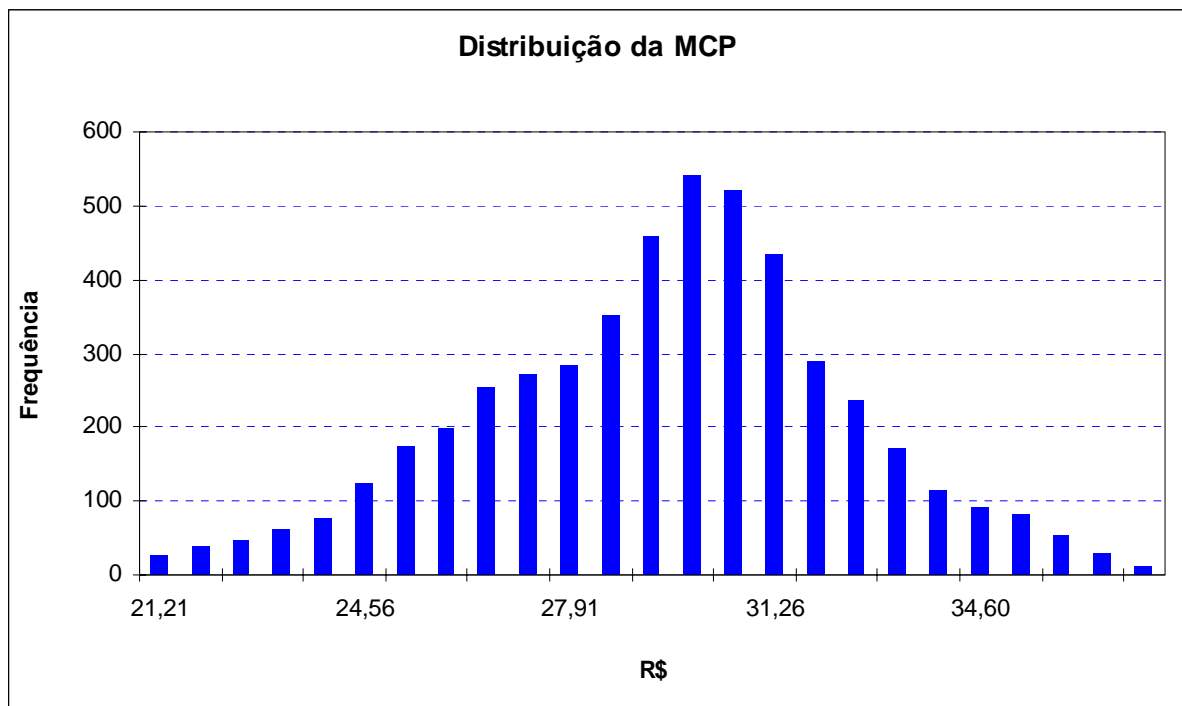


Gráfico 2 - Distribuição da Margem de Contribuição Ponderada (MCP)

O Gráfico 3 demonstra a distribuição das probabilidades de ocorrência de determinados valores para a Ponto de Equilíbrio Global. Os dados originais para o Gráfico 3 foram obtidos por simulação de forma similar aos apresentados na Tabela 2.

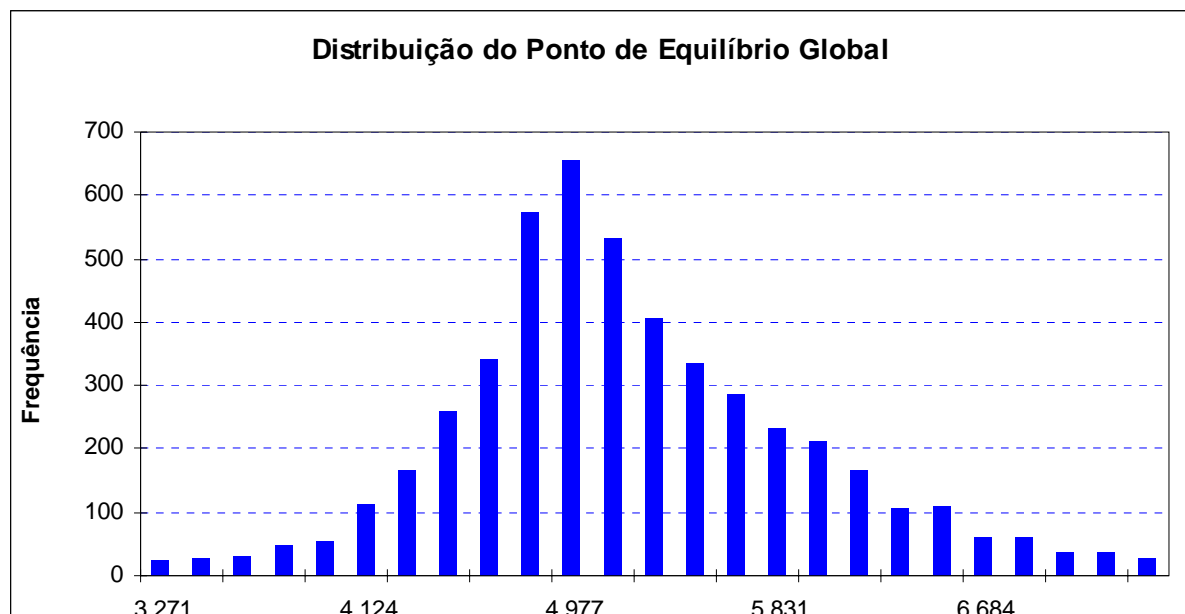


Gráfico 3 - Distribuição do Ponto de Equilíbrio Global

Uma vez obtido o Ponto de Equilíbrio Global, o cálculo para se obter as quantidades de cada produto dentro do *mix* está descrito na Tabela 6. Vale destacar que os resultados aqui obtidos consideram a manutenção da capacidade produtiva.

Tabela 6 – Quantidade de produtos dentro do *mix*

Produto	Participação no <i>mix</i>	PEg (un)	Quantidade a ser produzida (un)
Camisa	0,55	4.977	$(0,55 \times 4.977) = 2.737$
Vestido	0,25		$(0,25 \times 4.977) = 1.244$
Calça	0,15		$(0,15 \times 4.977) = 747$
Bermuda	0,05		$(0,05 \times 4.977) = 249$

O Ponto de Equilíbrio Global utilizado na Tabela 6 (4.977 unid.) é a média aritmética entre o maior (5.063 unid.) e o menor (4.892 unid.) valor possível dentro do intervalo com maior probabilidade de ocorrência (13,14%) de acordo com a simulação da distribuição de probabilidades do Ponto de Equilíbrio.

O gerente ou o encarregado da decisão poderá, inicialmente, chegar às seguintes conclusões com base nesse conjunto de informações:

- A probabilidade de que a empresa obtenha uma Margem de Contribuição Ponderada (MCP) acima de R\$ 34,94 é menor que 2%.
- É mais provável que a empresa obtenha uma MCP entre R\$ 28,91 e R\$ 31,59: 39,08%.

Em conseqüência, o gestor poderá verificar que a probabilidade de que a empresa tenha uma margem de segurança (capacidade instalada menos Ponto de Equilíbrio) inferior a 3.230 unidades é menor que 4%.

Essas conclusões são apenas parte do poder de informação que o Ponto de Equilíbrio, considerando o risco e a incerteza, pode trazer ao gestor em um processo de tomada de decisão. A abrangência no uso dessa informação vai depender da perspicácia e conhecimento do tomador de decisão com relação às ferramentas da gestão.

Ações com relação à estrutura da empresa (ampliação ou redução), política de preços em função do lucro e participação de mercado, estratégias de redução de custos variáveis e combinações de produtos podem ter suas conseqüências aferidas por meio do Ponto de Equilíbrio. Essas aferições ficam muito mais completas e próximas da realidade quando o Ponto de Equilíbrio embute a incerteza e o risco em seu cálculo.

7. Considerações Finais

Apesar das metodologias de cálculo para decisões que não envolvem o risco e a incerteza ainda serem bastante utilizadas, é sabido que esse fato poderá limitar sobremaneira as análises advindas de seus resultados.

Com a disseminação de *softwares* estatísticos e gerenciais, o uso de simulações na tomada de decisões permite a incorporação do risco e da incerteza de forma mais ágil e confiável. Isso garante ao tomador de decisões um grau maior de confiabilidade em suas ações.

O presente estudo discutiu a necessidade de se trabalhar com os conceitos de risco e incerteza na apuração do Ponto de Equilíbrio. Para tanto, utilizou-se da simulação de Monte Carlo e do *software Crystall Ball*®.

A pesquisa demonstrou que a inclusão do risco e incerteza no cálculo do Ponto de Equilíbrio agrega utilidade a esse conceito para fins gerenciais ao permitir uma visão mais realista dos cenários futuros. Ela demonstrou, também, que a simulação pelo método de Monte Carlo, com o seu uso facilitado pelos *softwares* estatísticos, como o *Crystall Ball*®, pode ser de grande utilidade como instrumento auxiliar no processo de planejamento e tomada de decisões por parte da administração ao possibilitar a construção de cenários mais dinâmicos. Isso se deve ao fato de seu conceito estatístico facilitar o tratamento analítico de modelos matemáticos.

Apesar de se ter trabalhado o Ponto de Equilíbrio com um único produto e com multiprodutos, permanece ainda as limitações em relação a esse último no que se refere ao arbítrio dos gestores. Adicionalmente, em um processo decisório, outras variáveis devem ser consideradas nos cálculos, principalmente aquelas que tratam das restrições do modelo, tais como a capacidade de produção, de obtenção de matéria-prima e de alocação de mão-de-obra. Outra observação que se faz é que o uso de uma distribuição personalizada, em função do tipo de probabilidade disponível (subjetiva), pode não ser a ideal, cabendo a realização de outras simulações como, por exemplo, a distribuição normal.

Mesmo diante das limitações aqui destacadas, além da necessidade de aplicação a dados reais, o estudo mostrou sua potencialidade ao ampliar o uso do conceito de Ponto de Equilíbrio pela inserção de situações de risco e incerteza, inerentes à gestão dos negócios, tornando tal conceito mais próximo do dia-a-dia das empresas.

8. Referências bibliográficas

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e técnicas para análise de decisão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1989.
- BOUCINHAS, J. F. da Costa. **A Aplicação de Modelos ao Processo de Planejamento na Empresa**. Tese de Doutorado. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, 1972.
- CORRAR, Luiz João. O modelo econômico da empresa em condições de incerteza: aplicação do método de simulação de Monte Carlo. **Caderno de Estudos FIPECAFI**, São Paulo, n. 08, p. 1-11, abr. 1993.
- DAMODARAN, Aswath. **Avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. 3. ed. São Paulo: Harbra, 1987.
- HOEL, Paul Gerhard. **Estatística Elementar**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1963.
- LEONE, George S. G. Curso de Contabilidade de Custos. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

NAYLOR, T. E.; BALINTFY, J.L.; BURDICK, D. S. e CRU, K. **Técnicas de Simulação em Computadores**. São Paulo: Vozes, 1971.

WOILER, Samsão, MATHIAS, Washington Franco. **Projetos**: Planejamento, elaboração e análise. São Paulo: Atlas, 1996.