

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
DE RIBEIRÃO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DAS  
ORGANIZAÇÕES

JOSÉ AUGUSTO MORAIS DE ANDRADE JÚNIOR

**Gestão logística integrada à gestão de capital de giro de uma cadeia de suprimentos: um estudo de simulações estocásticas da demanda sobre um modelo dinâmico integrado logístico e financeiro.**

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mattos Borges de Oliveira

RIBEIRÃO PRETO

2013

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE  
DE RIBEIRÃO PRETO  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DAS  
ORGANIZAÇÕES

JOSÉ AUGUSTO MORAIS DE ANDRADE JÚNIOR

**Gestão logística integrada à gestão de capital de giro de uma cadeia de suprimentos: um estudo de simulações estocásticas da demanda sobre um modelo dinâmico integrado logístico e financeiro.**

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mattos Borges de Oliveira

RIBEIRÃO PRETO

2013

Prof. Dr. João Grandino Rodas

Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Sigismundo Bialoskorski Neto

Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de  
Ribeirão Preto

Profa. Dra. Sonia Valle Walter Borges de Oliveira  
Chefe do Departamento de Administração

**JOSÉ AUGUSTO MORAIS DE ANDRADE JÚNIOR**

**Gestão logística integrada à gestão de capital de giro de  
uma cadeia de suprimentos: um estudo de simulações  
estocásticas da demanda sobre um modelo dinâmico  
integrado logístico e financeiro.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração das Organizações.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Mattos Borges de Oliveira.

RIBEIRÃO PRETO

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL  
DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU  
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE  
CITADA A FONTE.

Andrade Jr., José Augusto Morais de

Gestão logística integrada à gestão de capital de giro de uma cadeia de suprimentos: um estudo de simulações estocásticas da demanda sobre um modelo dinâmico integrado logístico e financeiro. Ribeirão Preto, 2013.

103 p. : il.; 30cm

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo como requisito para a obtenção do título de Mestre em Administração das Organizações.

Orientador: Oliveira, Márcio Mattos Borges de.

Palavras-chave: Administração. Administração financeira. Capital de giro. Lote econômico de compras. Lote econômico de produção. Logística. Cadeia de suprimentos. Custo do capital.

## RESUMO

ANDRADE JÚNIOR, J.A.M. de. **Gestão logística integrada à gestão de capital de giro de uma cadeia de suprimentos: um estudo de simulações estocásticas da demanda sobre um modelo dinâmico integrado logístico e financeiro.** 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto , Universidade de São Paulo , Ribeirão preto, 2013.

Este é um trabalho teórico-empírico que visa principalmente verificar o estado da literatura científica no que diz respeito à consideração dos custos de financiamento da necessidade de capital de giro (NCG) aplicado em mercadorias ( $NCG_p$ ), especialmente em relação aos aprimoramentos do modelo do lote econômico de compras/produção (LEC/LEP). A revisão de literatura mostra diversos modelos aprimorados do LEC/LEP que usam as técnicas de valor presente líquido e fluxos de caixa descontados para considerar o custo do capital no tempo, mas, segundo diversos autores, a diferença entre o LEC original e o uso de tais técnicas é desprezível. Além do mais, o uso destas técnicas não significa que tais modelos tenham incorporado o custo do financiamento da  $NCG_p$ . Alguns trabalhos, mais recentes, já trazem simulações que levam em consideração o  $NCG_p$ , outros até já exibem a fórmula  $NCG_p = Estoques_p + Clientes_p + Fornecedores_p$ . Neste trabalho foram feitas 128.000 simulações estocásticas de um modelo dinâmico, de onde se extraíram as variáveis da DRE de cada membro de uma cadeia de suprimentos (CS) hipotética. Foi testada a hipótese de ser este modelo aprimorado, porque incorpora o custo do capital de giro empregado nas mercadorias, mais correto que o modelo que não o incorpora. Para fazer este teste, foi feita uma modelagem (em Excel®) de uma CS contendo dois fornecedores industriais, uma fábrica, um atacadista e um varejista. O modelo recebe como inputs as demandas agregadas do varejista nos dias de cada simulação, que são 360 dias. Os dados foram importados no software estatístico R e as variáveis de saída foram então analisadas nos diversos cenários, regimes e tipos de demanda. Os resultados da análise dos diferentes cenários mostram que é importante considerar os custos financeiros da  $NCG_p$ .

Palavras-chave: Administração. Administração financeira. Capital de giro. Lote econômico de compras. Lote econômico de produção. Logística. Cadeia de suprimentos. Custo do capital.

## ABSTRACT

ANDRADE JÚNIOR, J.A.M. de. **Integrated logistics/financial management of the working capital's cost of a supply chain: a stochastic simulation study over a logistics/financial integrated dynamic model.** 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto , Universidade de São Paulo , Ribeirão preto, 2013.

This is a theoretical and empirical work that primarily aims to check the status of scientific literature with regard to the consideration of the costs of financing the working capital needs (WCN ) applied to goods ( $WCN_p$ ), especially in relation to improvements of economic order-/production quantity (EOQ/EPQ) models. The literature review shows several EOQ/EPQ enhanced models that use net present value and discounted cash flows techniques to consider the cost of capital over time; but according to several authors, the difference between the original EOQ model and with the use of such techniques is negligible. Moreover, the use of these techniques does not mean that such models have incorporated the cost of financing the  $WCN_p$ . Some latest papers make simulations that consider the  $WCN_p$ , others have even used the formula  $WCN_p = Inventories_p + Receivables_p + Payables_p$ . In this study we made 128,000 stochastic simulations of a dynamic model, from where the were obtained the result's variables for each member of a hypothetical supply chain(SC). We tested the hypothesis that this enhanced model, because it incorporates the cost of working capital employed in goods, is more correct than the model that does not. For this test, we made a model (in Excel®) of a CS containing two industrial suppliers, a factory, a wholesaler and a retailer. The model takes as inputs the aggregated demands of the retailer in the days of each simulation, which is 360 days. Data were imported into R statistical software and the output variables were then analyzed in different scenarios, regimes and types of demand. The results of the analysis of different scenarios showed that it is important to consider the financial costs of  $WCN_p$ , maybe incorporating them into an enhanced EOQ/EPQ model.

Keywords: Business administration. Finance Administration. Working capital. Economic order quantity. Economic Production Quantity. Logistics. Supply chain. Cost of working capital.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LEC	lote econômico de compras.
LEP	Lote econômico de produção.
SCM	<i>Supply Chain Management</i> , Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.
Kanban	Cartões usados para a requisição de peças ao centro de trabalho à montante.
VMI	<i>Vendor Managed Inventory</i> .
CPFR	<i>Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment</i> .
JIT	<i>Just in time</i> .
EDI	<i>Electronic Data Interchange</i> .
TI	tecnologia da informação.
ERP	<i>Entreprise Resource Planning</i> .
CMV	Custo de venda das mercadorias.
CCE	Custo de carregamento dos estoques.
VPL	Valor presente líquido.
DFC	<i>discounted flow cash</i> - fluxo de caixa descontado -.
VMI-CI	<i>Vendor Managed Inventory - Consigned Inventory</i> .
RCM	Receita c/ Vendas.
CTS	Custo de transação (compra/venda) ou setup.
NCG	necessidade de capital de giro.
CPMC	custo médio ponderado de capital.
WACC	<i>weighted average cost of capital</i> .
DRE	demonstração do resultado do exercício.
MC	Margem de contribuição.
GF	Gastos (custos ou despesas) fixos.
CFE	Custos financeiros dos estoques.
PME	prazo médio de estocagem.
PMR	prazo médio de recebimento.
PMP	prazo médio de pagamento.
CS	cadeia de suprimentos.
MRP	<i>Manufacturing Resource Planning</i> .
UCP	Unidade de Controle e Processamento de dados.
CSV	sigla de <i>comma separated variables</i> , formato de intercâmbio de dados onde cada linha tem um registro e cada campo do registro é separado do seguinte por uma vírgula.
RT	Receita total.

- PDF      sigla em inglês de *probability distribution function* - função densidade de probabilidade.
- C2C      *cash to cash* - ciclo de conversão em caixa.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Indicadores e restrições financeiras e operacionais mais comuns. Fonte: (PROTOPAPPA-SIEKE; SEIFERT, 2010) (tradução nossa) . . . . .	6
Figura 2 – O gráfico do LEC (adaptado de (HARRIS, 1990 (reprint from 1913))) . . . . .	9
Figura 3 – Figura de Followill e Dave (1998) que mostra a ideia do fluxo de caixa descontado para cálculo do valor presente líquido. . . . .	11
Figura 4 – Variáveis do modelo padrão . . . . .	14
Figura 5 – Diagrama de influências entre as diversas variáveis do modelo de Marquez, Bianchi e Gupta (2004) . . . . .	18
Figura 6 – Nó que representa um processo de produção de um produto, que recebe insumos ( $I_1, I_2, \dots, I_i$ ), os transforma em produto $P_1$ através do processo $PR_1$ e o vende ( $O_1, O_2, \dots, O_o$ ) para os consumidores através do processo $PR_2$ . . . . .	27
Figura 7 – Nó que representa uma UCP. . . . .	27
Figura 8 – Nó que representa um processo de produção de um produto, que recebe insumos ( $I_1, I_2, \dots, I_i$ ), os transforma em produto $P_1$ através do processo $PR_1$ e o vende ( $O_1, O_2, \dots, O_o$ ) para os consumidores através do processo $PR_2$ . . . . .	28
Figura 9 – Rede fractal de nós que representa uma indústria que produz dois produtos nos seus dois processos industriais ( $UI_1$ e $UI_2$ ). . . . .	29
Figura 10 – Cadeia de suprimentos hipotética . . . . .	29
Figura 11 – Rede de nós do tipo mostrado anteriormente, representando o nível mais elevado, que é o da cadeia de suprimentos. . . . .	30
Figura 12 – A relação entre os MRP's dos fornecedores e o da fábrica . . . . .	31
Figura 13 – MRP do fornecedor 2 com as razões de conversão de matéria prima (mp1 e 2) em produto acabado (PA). . . . .	33
Figura 14 – Fluxogramas que representam o processo de coleta e seleção das referências bibliográficas. O primeiro processo (1a...1c) representa a busca nas bases científicas pelas palavras chave. . . . .	36
Figura 15 – Boxplots do lucro total (LT) da cadeia de suprimentos (CS), obtido com demanda estocástica nos quatro cenários em regime permanente. . . . .	41
Figura 16 – Convergência à média quando das simulações do LT nos diferentes cenários.	45
Figura 17 – Convergência à média quando das simulações da RT nos diferentes cenários.	48
Figura 18 – Histograma e qqplots da RT com demanda estocástica por cenário. . . . .	64
Figura 19 – Histograma e qqplots do CMV total com demanda estocástica por cenário.	64
Figura 20 – Histograma e qqplots do LT com demanda estocástica por cenário. . . . .	65

Figura 21 – Histograma e qqplots da RT com demanda estocástica por cenário. . . . .	65
Figura 22 – Histograma e qqplots do CMV total com demanda estocástica por cenário. . . . .	66
Figura 23 – Histograma e qqplots do LT com demanda estocástica por cenário. . . . .	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3 –	Lista de artigos retornada com a expressão regular “working capital” . . . . .	16
Tabela 4 –	Tabela de variáveis de saída . . . . .	26
Tabela 5 –	Tabela de parâmetros para a matéria prima 1 . . . . .	32
Tabela 6 –	Tabela de parâmetros para a matéria prima 2 . . . . .	32
Tabela 7 –	Tabela de parâmetros para o processo de produção (MRP) . . . . .	32
Tabela 8 –	Tabela de parâmetros para o gerenciamento de estoques . . . . .	33
Tabela 9 –	Tabela de parâmetros para a geração estocástica da demanda . . . . .	33
Tabela 10 –	Tabela de parâmetros para o gerenciamento financeiro . . . . .	34
Tabela 11 –	Tabela de parâmetros para o patrimônio líquido . . . . .	34
Tabela 12 –	DRE nos diversos cenários e regimes. . . . .	39
Tabela 13 –	Comparação do lucro total (LT) da CS por regime e cenário de consignação	39
Tabela 14 –	DRE da CS em regime transitente e com a demanda constante . . . . .	40
Tabela 15 –	DRE da CS em regime permanente e com a demanda constante . . . . .	40
Tabela 16 –	Sumário do lucro total (LT) da cadeia de suprimentos (CS), obtido com demanda estocástica nos quatro cenários. . . . .	41
Tabela 17 –	Cenário 1 - em regime permanente com demanda estocástica . . . . .	42
Tabela 18 –	Cenário 2 - em regime permanente com demanda estocástica . . . . .	42
Tabela 19 –	Cenário 3 - em regime permanente com demanda estocástica . . . . .	43
Tabela 20 –	Cenário 4 - em regime permanente com demanda estocástica . . . . .	43
Tabela 21 –	Régressão linear de checagem de consistência em regime transitente . . . .	44
Tabela 22 –	Régressão linear de checagem de consistência em regime permanente . .	44
Tabela 23 –	Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 1 . . . .	45
Tabela 24 –	Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 1 .	46
Tabela 25 –	Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 2 . . . .	46
Tabela 26 –	Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 2 .	46
Tabela 27 –	Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 3 . . . .	46
Tabela 28 –	Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 3 .	47
Tabela 29 –	Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 4 . . . .	47
Tabela 30 –	Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 4 .	47
Tabela 31 –	Tabela de sumário do lucro e custo financeiro total da cadeia . . . . .	47
Tabela 32 –	Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 1 . . . . .	47
Tabela 33 –	Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 1 . . . . .	48

Tabela 34 – Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 1 . . . . .	48
Tabela 35 – Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 4 . . . . .	49
Tabela 36 – Tabela de checagem dos contas a pagar e receber dos fornecedores e da fábrica . . . . .	49
Tabela 37 – Checagem contas a pagar e receber - cenário 1 . . . . .	49
Tabela 38 – Checagem contas a pagar e receber - cenário 2 . . . . .	50
Tabela 39 – Checagem contas a pagar e receber - cenário 3 . . . . .	50
Tabela 40 – Checagem contas a pagar e receber - cenário 4 . . . . .	50
Tabela 41 – Checagem do valor gerado considerando custo do capital de giro - cenário 1	51
Tabela 42 – Checagem do valor gerado considerando custo do capital de giro - cenário 2	52
Tabela 43 – Modelo ANOVA sem os custos financeiros, em regime permanente, com demanda estocástica. . . . .	53
Tabela 44 – Modelo ANOVA com os custos financeiros, em regime permanente, com demanda estocástica. . . . .	53
Tabela 45 – Comparação entre os modelos ANOVA com e sem os custos financeiros, em regime permanente, com demanda estocástica. . . . .	53

## LISTA DE SÍMBOLOS

p	preço unitário
D	demandas anuais
CTS	Custos de transação (compras/vendas) ou setup
S	Custo por transação (compras/setup)
$NCG_p$	$NCG_p$

## **DEDICATÓRIA**

Para minha esposa Jussara Passos e meus filhos Messias Neto, Pedro Henrique e Gabriela,  
pelo tempo que dediquei a esta dissertação.

## **AGRADECIMENTOS**

"Tudo vale a pena, se a alma não é pequena."

---

Fernando Pessoa

- Agradeço, primeiramente, ao criador do Universo.
- Agradeço aos meus antepassados, em especial à minha mãe, Alaíde Santos Nery, que sempre me incentivou no amor aos livros.
- Agradeço à minha irmã, Liliane M. N. Andrade, que tem sido uma verdadeira amiga ao longo de nossa existência.
- Agradeço aos meus orientador, Prof. Dr. Márcio Mattos Borges de Oliveira, pela paciência e orientação nesta caminhada.
- Agradeço ao Prof. Dr. Alberto Borges Matias, pela sugestão de investigação que deu origem a este trabalho.
- Agradeço aos membros da banca de qualificação, Prof. Dr. Alexandre Pereira Salgado Júnior e Prof. Dr. Alceu Salles Camargo Júnior, pelas críticas, sugestões e elogios que muito me ajudaram a construir esta dissertação.
- Agradeço aos meus mestres na Universidade de São Paulo - USP, em especial na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto - FEARP, que me propiciaram um ambiente acadêmico instigante. Agradeço também a todo o seu corpo administrativo e diretivo pelo tratamento carinhoso e gentil.
- Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da FEARP, nas pessoas dos seus professores, funcionários e colegas, pela oportunidade.
- Agradeço à Profa. Dra. Maria Cristiane Barbosa Galvão pela gentileza em nos ajudar com a metodologia de revisão da literatura, garantindo o rigor metodológico necessário.

# SUMÁRIO

<b>Resumo</b> . . . . .	<b>vi</b>
<b>Abstract</b> . . . . .	<b>vii</b>
<b>Dedicatória</b> . . . . .	<b>xv</b>
<b>Agradecimentos</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>1      Introdução</b> . . . . .	<b>4</b>
1.1 Considerações iniciais . . . . .	4
1.2 Problema de pesquisa . . . . .	4
1.3 Objetivos . . . . .	4
1.4 Justificativa . . . . .	5
1.5 Organização do trabalho . . . . .	5
<b>2      Revisão de literatura</b> . . . . .	<b>6</b>
2.1 A visão departamentalizada . . . . .	6
2.2 Um breve histórico sobre a logística . . . . .	6
2.3 A evolução da logística: do individualismo à integração . . . . .	7
2.4 Estoques, capital de giro e geração de lucro . . . . .	8
2.5 O lote econômico de produção / compra . . . . .	8
2.6 Críticas e aprimoramentos feitos ao LEC . . . . .	10
2.7 O VMI com consignação (VMI-CI) na literatura . . . . .	11
2.8 Síntese dos modelos da literatura revisada . . . . .	13
2.9 O valor do capital no tempo e o modelo do lote econômico de compras . . . . .	15
2.10 A inclusão dos custo de financiamento da necessidade de capital de giro de cada produto no modelo do lote econômico de compras . . . . .	16
2.11 Um modelo LEC/LEP que leva em consideração a necessidade de capital de giro	16
<b>3      Metodologia</b> . . . . .	<b>25</b>
3.1 Natureza da pesquisa . . . . .	25
3.2 O experimento das simulações computacionais . . . . .	25
3.3 A revisão da literatura . . . . .	35
3.4 Desenvolvimento das proposições . . . . .	36
<b>4      Resultados e discussão</b> . . . . .	<b>39</b>

4.1	Resultados nos diversos cenários, com demanda constante e nos regimes transiente e permanente . . . . .	39
4.2	Resultado das simulações com demanda estocástica e em regime permanente .	40
4.3	Checagem de consistência do modelo . . . . .	45
4.4	Verificação da simulação com o novo modelo . . . . .	49
<b>5</b>	<b>Síntese e conclusões</b> . . . . .	<b>53</b>
5.1	Síntese dos resultados encontrados . . . . .	53
5.2	Verificação das proposições . . . . .	54
5.3	Implicações gerenciais . . . . .	56
5.4	Limitações, conclusões e futuras pesquisas . . . . .	57
<b>Referências</b>		<b>59</b>
<b>A</b>	<b>Resultados das outras variáveis de saída da simulação</b> . . . . .	<b>64</b>
A.1	Histogramas e qqPlots dos resultados das simulações . . . . .	64
<b>B</b>	<b>Artigos selecionados referentes ao LEC/LEP e finanças</b> . . . . .	<b>67</b>
B.1	A literatura revisada a respeito de finanças e LEC/LEP, segundo os critérios de filtragem detalhados na metodologia . . . . .	67
<b>C</b>	<b>Programas e softwares utilizados para obtenção dos resultados numéricos</b> <b>81</b>	
C.1	Scripts escritos em Excel . . . . .	81
C.2	Scripts escritos em R project . . . . .	90

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações iniciais

A logística é, segundo Porteus (1990), uma das áreas da administração que tem maiores impactos sobre o funcionamento da organização e sua capacidade de geração de valor. Diversos modelos analíticos e simulações tem sido feitos com a intenção de minimizar os custos logísticos. Diversos arranjos contratuais, tais como a gestão de inventário pelo vendedor com consignação (VMI-CI, na sigla em inglês), tem sido propostos e analisados teoricamente. Entretanto, cada modelo leva em consideração um conjunto de variáveis específico, sem integração com as outras áreas da empresa, especialmente a área financeira (FARAHANI; REZAPOUR; KARDAR, 2011).

Uma das primeiras tentativas de se otimizar os recursos alocados em estoques foi o desenvolvimento do chamado lote econômico de compras/produção (LEC/LEP) (HARRIS, 1990 (reprint from 1913)). Porém, como será mostrado na revisão de literatura, tais modelos não levam em consideração a questão do impacto dos arranjos logísticos sobre a necessidade de capital de giro, e, portanto, sobre a capacidade das empresas gerarem lucro. Além disto, nem sempre o melhor para cada agente de uma determinada cadeia de suprimentos é o melhor para a cadeia como um todo (DONG; XU, 2002). Isto é relevante porque uma cadeia de suprimentos mais eficiente, isto é, que consuma menos recursos para produzir os mesmos resultados, pode possibilitar que os produtos cheguem ao consumidor mais baratos.

## 1.2. Problema de pesquisa

**Como aprimorar o modelo do lote econômico de compras (LEC) para que seja possível incorporar os custos do financiamento do capital de giro empregado para financiar todo o ciclo operacional e financeiro ao longo de uma cadeia de suprimentos?**

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral identificar os aprimoramentos que já foram propostos para o modelo de LEC, de (HARRIS, 1990 (reprint from 1913)), visando identificar se algum destes modelos aprimorados inclui o custo financiamento do capital de giro durante todas as fases: compra de matérias primas, transformação em produto final, venda e recebimento do dinheiro; e, caso não seja encontrado nenhum, propor um novo modelo.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- Identificar, através da revisão da literatura, os aprimoramentos já propostos, as contribuições que já foram feitas ao modelo do LEC, especialmente aquelas que de alguma forma levem em consideração os custos do financiamento do capital de giro empregado no ciclo operacional e financeiro de uma cadeia de suprimentos;
- Propor, se for o caso, um modelo novo, que integre a questão financeira à operacional, de forma que seja possível simular as diversas possibilidades de arranjo de uma cadeia de suprimentos genérica.
- Simular os diversos cenários de modo a poder comparar a capacidade de explicação dos diversos modelos entre si, considerando a demanda como variável independente, tanto no caso de ela ser constante quanto no caso de ser aleatoriamente distribuída, de mesma média e com um certo desvio-padrão.
- Verificar a hipótese de que o modelo novo proposto consegue capturar melhor os diversos cenários que o modelo do LEC.

### **1.4. Justificativa**

Como temos indícios na revisão de literatura, há oportunidade para o aprimoramento dos modelos utilizados para a avaliação do valor gerado pela consignação de estoques, sendo que a grande maioria deles se baseia no conceito de lote econômico de compras (LEC) ou de produção (LEP), que ainda são muito utilizados (e.g. (MATIAS, 2007), (DONG; XU, 2002), etc).

A análise feita neste trabalho, tanto empírica quanto teórica, mostra que o modelo LEC/Lote econômico de produção (LEP) podem ser aperfeiçoados para levar em consideração os aspectos financeiros, especialmente no que diz respeito à questão da necessidade de capital de giro e dos custos do seu financiamento, que por sua vez se relacionam com os prazos médios de estocagem e de pagamentos e recebimentos.

### **1.5. Organização do trabalho**

Esta dissertação está organizada da seguinte forma:

Na segunda parte é apresentada uma revisão da literatura. Em seguida é apresentada a metodologia da pesquisa.

Na quarta parte são apresentados os resultados obtidos com as simulações.

Na última parte é feita uma síntese dos resultados do estudo empírico, buscando evidenciar as descobertas relevantes do ponto de vista teórico, além de propor alguns desdobramentos que poderão ser objeto de pesquisas posteriores.

## CAPÍTULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. A visão departamentalizada

Desde há muito tempo (e.g. (FARAHANI; REZAPOUR; KARDAR, 2011)) os pesquisadores da área de pesquisa operacional já identificaram que um dos maiores entraves na implantação de sistemas de otimização de operações é justamente a visão compartmentada, onde cada gerente busca maximizar os indicadores de seus respectivos setores, levando a empresa a uma posição sub-ótima. Em outras palavras, é sabido que nem sempre o melhor para cada parte individualmente é o melhor para o todo. Na questão logística não poderia ser diferente, pois enquanto o setor de operações se preocupa em ter os materiais disponíveis quando eles precisarem, o setor financeiro se preocupa com o valor estocado, além do ciclo financeiro. Esta questão é bem discutida por Protopappa-Sieke e Seifert (2010), que são autores da figura 1.

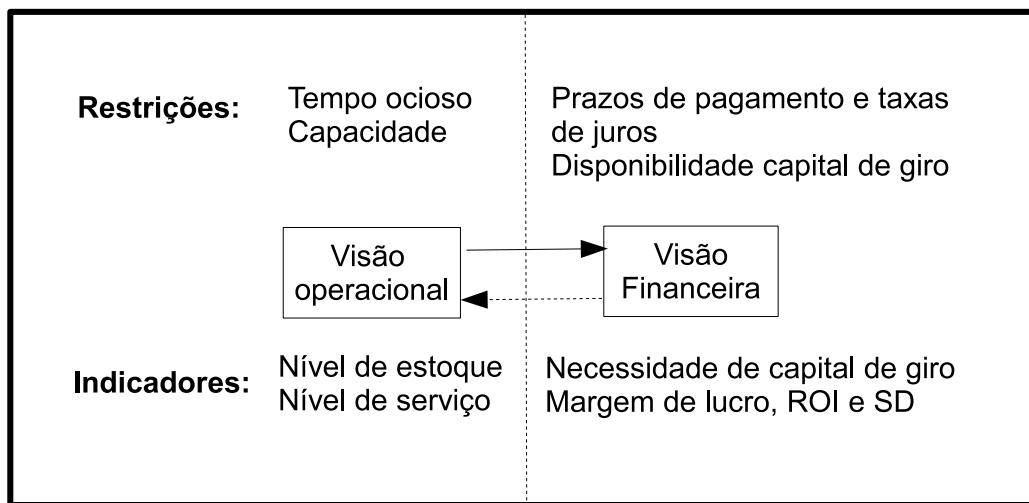


Figura 1. – Indicadores e restrições financeiras e operacionais mais comuns.

Fonte: (PROTOPAPPA-SIEKE; SEIFERT, 2010) (tradução nossa).

### 2.2. Um breve histórico sobre a logística

Segundo Farahani, Rezapour e Kardar (2011), o objetivo da logística é levar o produto certo, na qualidade requerida, ao lugar certo e a um custo adequado. Ainda segundo os autores, as pessoas tendem a negligenciar o processos de logística até que algo dê errado.

A logística, segundo muitos autores (e.g. Farahani, Rezapour e Kardar (2011)), surgiu a partir da necessidade de transportar materiais (suprimentos) para as frentes de batalha. Talvez por isto, os primeiros sistemas estruturados de logística e o uso intensivo da pesquisa operacional para

a sua otimização tenham sido feitos pelos militares, especialmente durante e após a II grande guerra mundial.

Os avanços da pesquisa operacional levaram ao desenvolvimento de ferramentas para a gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management*, Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM), na sigla em inglês).

Posteriormente, com o surgimento e evolução do capitalismo, a necessidade de transportar as matérias primas para as fábricas e os produtos finais até os estabelecimentos comerciais levou a um desenvolvimento da logística e da sua importância do ponto de vista da teoria da administração (e.g. Forrester (1961)). A gestão da função logística passou a levar em consideração toda a cadeia de suprimentos, desde os fornecedores das matérias primas básicas até o varejo ou o consumidor, no caso das chamadas vendas diretas. Esta gestão da cadeia de suprimentos é normalmente conhecida pela sigla em inglês como SCM.

Por outro lado, sistemas informatizados cada vez mais sofisticados passaram a planejar a produção de maneira mais completa. É o caso do MRP, que decompõe cada produto em seus sub-componentes, formando uma árvore que vai do produto acabado até o componente mais elementar, o que possibilita, sabendo-se o tempo de entrega de cada componente, planejar com antecedência a produção.

Modernamente, muitos autores consideram que é possível utilizar o MRP para o planejamento de curto prazo, e usar as ferramentas de controle tipo Cartões usados para a requisição de peças ao centro de trabalho à montante (Kanban) para o controle do fluxo de materiais no chão de fábrica, obtendo benefícios de ambas técnicas naquilo que elas tem de melhor a oferecer.

Hoje, com o advento das lojas virtuais disponíveis na internet, houve um incremento significativo das vendas diretas. Paralelamente, houve uma incremento na cooperação e integração entre os diversos atores da cadeia de suprimentos. Parte do sistema de estoques dos clientes passou a ser gerenciado pelos fornecedores, no que é conhecido pela sigla em inglês *Vendor Managed Inventory* (VMI), ou seja, estoque gerenciado pelo vendedor.

### **2.3. A evolução da logística: do individualismo à integração**

A cooperação e a integração tem aumentado nos últimos anos essencialmente porque tal cooperação ajuda a minimizar alguns efeitos nocivos do comportamento individualista sobre a cadeia de suprimentos, como o efeito chicote, dentre outros (e.g. Bourland, Powell e Pyke (1996), Agrawal, Sengupta e Shanker (2009), Disney e Towill (2003)). A primeira forma de cooperação surgiu para a previsão de demanda (e.g. Holmström et al. (2002), Sari (2008)), que é fundamental para uma gestão otimizada da produção, especialmente para o planejamento.

O planejamento, quando feito individualmente, o que era a praxe há alguns anos, leva muitas vezes à falta de produtos ou, inversamente, a excessos de produção que elevam os custos de estoques . Com efeito, segundo Holmström et al. (2002), a Nabisco foi uma das empresas pioneiras na adoção das técnicas colaborativas para planejamento, previsão de demanda e reposição de

estoques, técnicas estas chamadas de *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment* (CPFR), e reportou aumento de vendas e lucratividade a partir do seu uso.

O avanço dos japoneses com a chamada produção *Just in time* (JIT), caracterizada como sendo um tipo de controle de produção descentralizado e puxado, em que cada centro de trabalho requisita as pelas de que precisa através de cartões chamados de *Kanban*, possibilitou a redução dos tempos mortos do processo produtivo, aumentando a sua produtividade.

Uma das últimas formas de cooperação, chamada de VMI, corresponde a um arranjo contratual em que o estoque do comprador é controlado pelo vendedor, que envia os produtos sem precisar esperar pelas ordens de compras (pedidos) do comprador. Isto implica, é lógico, uma integração muito forte entre as partes, bem como o apoio de sistemas de intercâmbio de informações em tempo real (*Electronic Data Interchange* (EDI)).

Com a evolução da tecnologia da informação (TI), e o surgimento dos sistemas *Entreprise Resource Planning* (ERP), tornou-se possível fazer o EDI de maneira bem mais simples, via internet. Isto tem permitido um custo menor de transação entre as partes. Além disto, os sistemas de produção enxuta e JIT começaram a florescer, tudo visando reduzir ao máximo a quantidade de estoques.

## **2.4. Estoques, capital de giro e geração de lucro**

É certo que as empresas que industrializam e/ou comercializam produtos precisam comprar matérias primas e/ou produtos acabados para poderem vendê-los e assim gerar lucro. Assim, um determinado nível de estoques é desejado para atender a alguns objetivos (e.g. Matias (2007, p.100-104), Ross, Westerfield e Jaffe (2008, p.602-604)) :

- amortecer o impacto das flutuações da demanda;
- amortecer o impacto dos atrasos na entrega;
- amortecer o impacto da escassez de produtos.

Em todos estes casos, o objetivo é evitar a perda de vendas com a falta de produtos disponíveis (rupturas de estoque). Por outro lado, um nível elevado de estoques, embora diminua a probabilidade de falta de produtos, aumenta os custos de armazenamento, deterioração, obsolescência, ou, mais genericamente, os custos financeiros dos estoques. Visto desta forma, é senso comum que deve-se reduzir os estoques aos menores níveis possíveis sem deixar que haja perdas excessivas de vendas.

## **2.5. O lote econômico de produção / compra**

O modelo ainda hoje muito utilizado e publicado, inclusive nos manuais de administração de capital de giro, é o de (HARRIS, 1990 (reprint from 1913)) e seu LEC. O LEC , também utilizado para a produção, é um ponto ótimo de quantidade em cada lote - seja de compra ou produção - de tal maneira a maximizar a diferença entre o custo de transação (que diminui com

a quantidade) e o custo de manutenção dos estoque (que aumenta com o tamanho do lote, já que lotes maiores implicam maior estoque médio).

Este modelo parte de algumas suposições:

Como se pode ver no gráfico 2, uma firma tem como custo total os componentes mostrados na eq. 2.1.

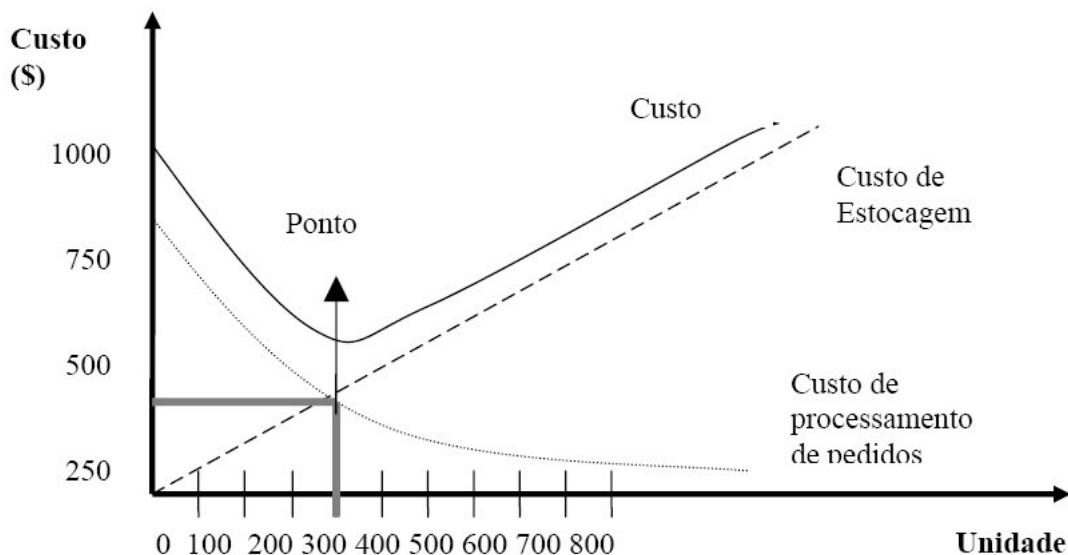


Figura 2. – O gráfico do LEC (adaptado de (HARRIS, 1990 (reprint from 1913)))  
Fonte: Melo (2013).

$$\begin{aligned} \text{Custo\_total}(Q) = & \quad \text{Custo das mercadorias vendidas} \\ & + \quad \text{Custos das transações (setup / pedidos)} \\ & + \quad \text{Custos de carregamento de estoques} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Como o Custo de venda das mercadorias (CMV) é dado por preço unitário (p) de compras multiplicado pelo demanda anual (D), como mostra a equação 2.2.

$$CMV = pD \quad (2.2)$$

Os Custos de transação (compras/vendas) ou setup (CTS) é dado pela equação 2.3.

$$CTS = \frac{D}{Q} S \quad (2.3)$$

A quantidade  $\frac{D}{Q}$  dá o número de transações (compra/setup) anuais, e o parâmetro Custo por transação (compras/setup) (S) dá o custo (em u.m.) por transação.

O Custo de carregamento dos estoques (CCE) é dado por um percentual do valor do estoque

médio, conforme a eq. 2.4.

$$CCE = \frac{Q}{2}H \quad (2.4)$$

## 2.6. Críticas e aprimoramentos feitos ao LEC

A revisão de literatura feita ao LEC mostra que as principais críticas feitas a este modelo advém de suas fortes restrições:

- O custo por transação é constante.
- A taxa de demanda é conhecida, e se distribui uniformemente ao longo do ano.
- O tempo de ressuprimento é fixo.
- O preço de compra é constante, i.e., nenhum desconto por quantidade é admitido.
- A reposição dos estoques é feita de forma instantânea, pois o lote é entregue de uma só vez.
- Apenas um produto é analisado.
- O valor do capital no tempo não é analisado.
- Não são mantidas as ordens não-atendidas ((backorders)).

De um modo ou de outro, os aperfeiçoamentos propostos e revisados na literatura científica visam eliminar ou afrouxar algumas destas restrições.

### 2.6.1. O problema dos perecíveis e da obsolescência

Num universo de 1487 artigos científicos que dizem respeito ao modelo LEC/LEP, nada menos que 212 estão associados à busca pela expressão regular “*deterior\**”, 36 associados à busca pela expressão regular “*perish\**”, 15 com a busca por “*obsol\**”. Ou seja, no mínimo 14% dos artigos de variantes do modelo LEC/LEP dizem respeito às questões de perecibilidade e obsolescência.

### 2.6.2. O problema de modelagem estocástica da demanda

As primeiras simulações estocásticas encontradas na literatura foram as realizadas por Choi, Malstrom e classen (1984).

### 2.6.3. A abordagem do Valor presente líquido e do *discounted flow cash - fluxo de caixa descontado* -

Assim, p.e., alguns autores (e.g. Chung e Lin (2011), Zhong e Zhou (2012), Soni, Gor e Shah (2006), Followill e Dave (1998), Shah, Shah e Shah (2007), Chung e Liao (2009), Kreng e Tan (2011), Wu (2002), Hou e Lin (2009)) tem desenvolvido modelos aprimorados do EOQ que levam em consideração o fluxo de caixa de recebimentos, oferecendo descontos inversamente

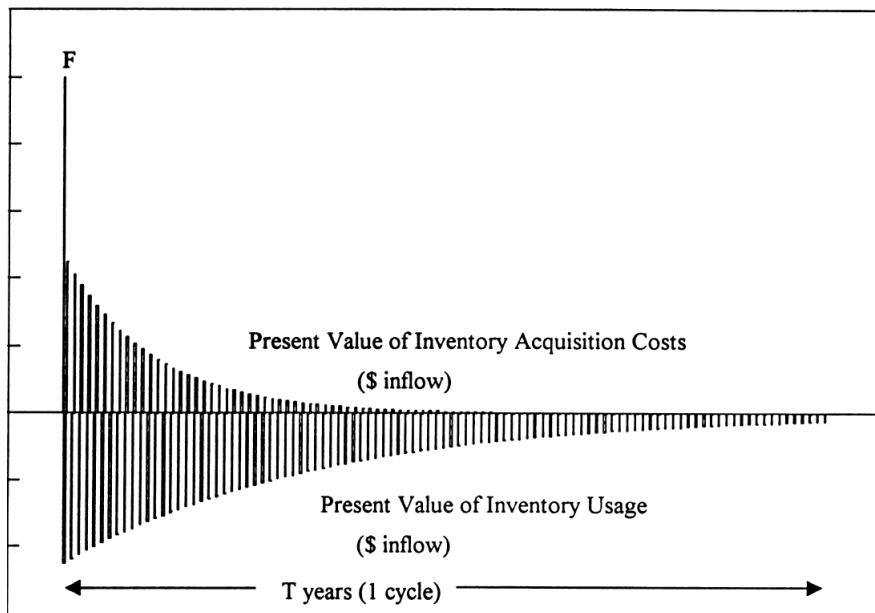


Figura 3. – Figura de Followill e Dave (1998) que mostra a ideia do fluxo de caixa descontado para cálculo do valor presente líquido.

proporcionais ao prazo adicional dado ao comprador para realizar o pagamento, enquanto outros trabalham com taxas fixas de deterioração dos produtos estocados. Outros trabalham com demandas flutuantes em função do tempo.

## 2.7. O VMI com consignação (VMI-CI) na literatura

Existem duas formas de VMI: com e sem consignação. O VMI sem consignação, chamado simplesmente de VMI, é um arranjo contratual em que o controle do estoque do comprador passa a ser feito pelo vendedor. No outro arranjo, que para diferenciar do primeiro e nos adequar à terminologia comumente adotada na literatura chamaremos de *Vendor Managed Inventory - Consigned Inventory* (VMI-CI), não somente o controle do estoque é do vendedor, mas a mercadoria continua sendo de sua propriedade, em consignação, porém nas mãos do comprador. Somente após ser vendida é que o comprador paga pela mercadoria consignada. Assim, no momento da venda, são emitidas duas notas fiscais: uma de compra da mercadoria consignada e outra de venda ao consumidor ou a outra empresa.

Um modelo seminal do VMI com consignação (VMI-CI) é proposto por Dong e Xu (2002). A partir de um modelo bastante genérico, onde cada um dos agentes - vendedor e comprador - possui custos de carregamento dos estoques e de pedido, ele parte das equações do LEC para então deduzir as funções de lucro do comprador e do vendedor, com e sem VMI. Uma questão importante levantada neste artigo é que os autores já se preocupam com a maximização do lucro agregado - no caso do artigo, a soma das funções de lucro do comprador e do vendedor mostrado na eq. 2.8-. Eles citam outros autores para afirmar que a maximização do lucro das partes não

significa a maximização do lucro da cadeia produtiva como um todo. Este é um grave equívoco encontrado na literatura revisada, pois a grande maioria analisa apenas um par de atores de uma cadeia de suprimentos, sem observar ou analisar o impacto sobre a eficiência, definida como o lucro total obtido por toda cadeia, *ceteris paribus*.

Outro artigo que trata da consignação de estoques é o de Gümus, Jewkes e Bookbinder (2008). Neste artigo os autores partem do pressuposto de que a consignação de estoques é boa para quem recebe em consignação, mas que os benefícios da consignação são menos claros para o vendedor. Eles baseiam esta sua afirmação na “sabedoria popular” - “conventional wisdom” -, pois, segundo eles, o carregamento de menores estoques por parte de quem recebe produtos em consignação levaria a uma redução no custo do carregamento dos estoques. Vê-se neste caso, e em muitos outros que revisaremos, que a grande parte dos autores da área esquece-se que o custo financeiro causado pelo descompasso entre os ciclos operacional e financeiro pode, muitas vezes, tornar a consignação desvantajosa, tornando este pressuposto completamente equivocado.

Da mesma forma, Braglia e Zavanella (2003) e Zavanella e Zanoni (2009) partem do modelo parecido com o de Dong e Xu (2002), assumindo as mesmas premissas de que a consignação é sempre mais vantajosa para quem recebe em consignação.

Os modelos de VMI-CI podem, segundo Zhang, Matta e Lowe (2010), se não houver uma coordenação adequada ao longo da cadeia produtiva, levar a decréscimos no lucro total da cadeia. Eles propõem uma redistribuição na renda obtida pelo varejista para o distribuidor, de modo a compensar os problemas apresentados. Mas também não analisam a questão do custo de capital de giro.

Todos os artigos revisados partem de custos de carregamento dos estoques e de transação, mas não levam em consideração a necessidade de capital de giro e os custos de seu financiamento, pois se baseiam no LEC/LEP, que também não o faz, como será mostrado na seção 2.9.

### 2.7.1. O modelo de Dong e Xu (2002)

Neste modelo, tem-se que  $\Pi_B$  é a função lucro do comprador (eq. 2.5) e  $\Pi_S$  é a função lucro do vendedor:

$$\Pi_B = p(y)y - c(y) - \left( \frac{s_B y}{Q_B} + \frac{h_B}{2} Q_B \right), \quad (2.5)$$

onde  $p(y)$  é a função elasticidade-preço da demanda em função do preço de venda,  $y$ .  $w$  é o preço de custo. A função  $c(y) = wy$ , ou seja, o custo do comprador é igual à receita do vendedor, como se pode ver na eq. 2.6:

$$\Pi_S = wy - c(y) - \left( \frac{ssy}{Q_S} + \frac{hs}{2} Q_S \right). \quad (2.6)$$

Neste modelo, sem VMI,  $Q_S = Q_B = LEC_B = (2s_B y / h_B)^{\frac{1}{2}}$ .

A função lucro combinada do comprador e do vendedor, que seria a soma de 2.5 e 2.6, fica

então (eq. 2.7):

$$\Pi_B + \Pi_S = p(y)y - wy - \left( \frac{s_B y}{Q_B} + \frac{h_B}{2} Q_B \right) - \left( \frac{s_S y}{Q_S} + \frac{h_S}{2} Q_S \right). \quad (2.7)$$

Como  $Q_S = Q_B = LEC_B$ , tem-se que:

$$\Pi_B + \Pi_S = p(y)y - wy - \left( \frac{s_B y}{Q_B} + \frac{h_B}{2} Q_B \right) - \left( \frac{s_S y}{Q_B} + \frac{h_S}{2} Q_B \right). \quad (2.8)$$

Com o VMI, as funções de lucro ficam diferentes. A função lucro do vendedor passa a carregar os todos custos de carregamento dos estoques e de pedido. Assim, tem-se que:

$$\Pi_S^C = w_c y - c(y) - [2(s_S + s_B)(h_S + h_B)y]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.9)$$

Como agora o comprador não teria os custos de carregamento dos estoques nem os custos de pedido, a nova função lucro do comprador fica então:

$$\Pi_B^C = p(y)y - w_c y. \quad (2.10)$$

Ora, se todos os custos de carregamento e de transação forem retirados da função lucro do comprador com VMI-CI, e passados para a função lucro do vendedor, como fizeram os autores, fica fácil provar - nos limites e com base nos pressupostos do modelo que eles propõem - que o lucro do comprador é sempre maior neste segundo caso, com a consignação.

Embora extremamente relevante e influente, este modelo proposto pelos autores, por se basear no LEC, também não leva em consideração os prazos de pagamento do estoque consignado. Assim, comete o mesmo erro de considerar o benefício para quem recebe o estoque em consignação como algo certo e absoluto. Dada a importância desta questão, pede-se vênia para fazer uma citação direta dos autores:

VMI's direct benefits to the buyer's side are straightforward and have been documented in practice, while those to the suppliers are more diverse and controversial. (DONG; XU, 2002, p.80)

Talvez graças à enorme influência deste artigo, esta afirmação vem sendo repetida como verdade absoluta por inúmeros outros autores desde então, com pequenas variações quanto a atribuição da sua origem, a exemplo de Gümus, Jewkes e Bookbinder (2008).

## 2.8. Síntese dos modelos da literatura revisada

Todos os modelos revisados partem de uma função de lucro (tanto do vendedor quanto do comprador) que pode ser vista da seguinte forma:

$$\Pi = \text{Vendas} - \text{CMV} - \text{Custos de transação ou setup} - \text{Custos de carregamento dos estoques}$$

Assim, no modelo de Dong e Xu (2002), por exemplo, estes termos, na função de lucro do comprador sem consignação, são:

$$\text{RCM} = p(y)y \quad (2.11)$$

$$\text{CMV} = wy \quad (2.12)$$

$$\text{CTS} = s_B \frac{y}{Q_B} \quad (2.13)$$

$$\text{CCE} = h_B \frac{Q_B}{2} \quad (2.14)$$

De uma forma gráfica, temos o diagrama representado na figura 4:

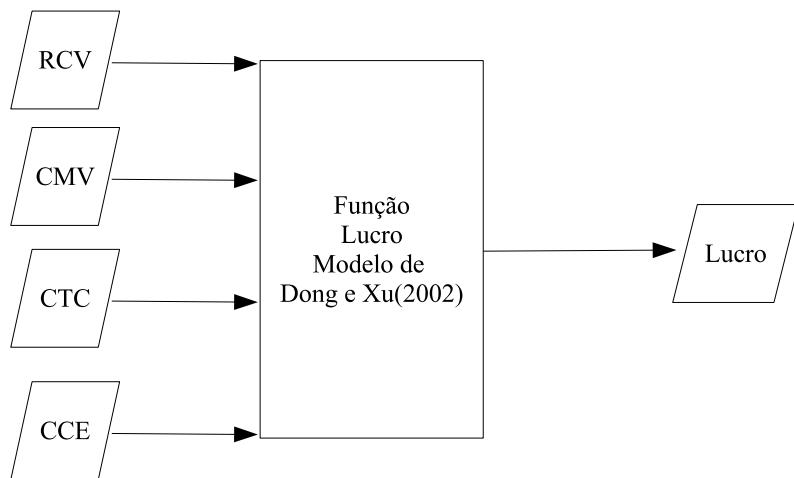


Figura 4. – Variáveis do modelo padrão

Vê-se que no modelo padrão as variáveis que definem o lucro dos integrantes da cadeia de suprimentos são:

1. A Receita com vendas;
2. O custo das mercadorias vendidas;
3. O custo de transação (compra ou venda / setup );
4. O custo de carregamento dos estoques ( $\overline{\text{Estoque}}$ );

Como se pode ver, não são considerados os prazos de pagamento, recebimento e estocagem, sem os quais não se tem como analisar o impacto da necessidade de capital de giro devida aos estoques. Um estudo importante, que já alertava para o problema de o LEC não computar o custo do capital, é o de (CARLSON; ROUSSEAU, 1989). Pior que isto, o modelo LEC simplesmente ignora os custos financeiros que podem comprometer a viabilidade de alguns negócios.

## 2.9. O valor do capital no tempo e o modelo do lote econômico de compras

Como se prova por simples inspeção, o modelo original do LEC não leva em consideração o valor do capital no tempo. Este é uma preocupação antiga (e.g. (CARLSON; ROUSSEAU, 1989; AUCAMP, 1987)), para a qual, ao menos na literatura revisada, não há uma solução definitiva. Alguns autores utilizaram a técnica do Valor presente líquido (VPL) para a avaliação do lote econômico de compras, e constataram que isto modificava dramaticamente o valor obtido para o LEC. Entretanto, vale lembrar que estes autores apenas trazem os valores para um mesmo instante, mas não consideram o custo do capital de giro necessário para o financiamento das operações.

Alguns autores, no início da década de 1990, ainda mostravam as deficiências que o modelo de VPL possuem, como p.e., Kim e Chung (1990), que propõem o fluxo de caixa descontado - *discounted flow cash* - fluxo de caixa descontado - (DFC), na sigla em inglês-:

Enquanto a teoria financeira sugere tratamentos bastante diferentes para estes componentes de custos (i.e. custo de oportunidade como uma taxa de desconto e custos diretos como fluxos de caixa, a análise de inventários convencional mede os custos de carregamento dos estoques simplesmente combinando vários custos diretos e custos de oportunidade (i.e.  $h + k$ ). A análise de inventários convencional também não emprega corretamente o valor do dinheiro no tempo. Embora um sistema de inventário envolva fluxos de caixa que ocorrem em diferentes instantes de tempo, a análise convencional não reconhece explicitamente estas diferenças temporais. Além do mais, uma desvantagem mais crucial da análise de inventários convencional é que esta se baseia numa minimização de custos. (KIM; CHUNG, 1990, trad. do autor)

Trecho original:

*While financial theory suggests distinctly different treatment of these component costs (i.e., opportunity cost as a discount rate and out-of-pocket costs as cash flows), conventional inventory analysis measures the inventory carrying costs by simply combining various out-of-pocket costs and opportunity cost (i.e.,  $h + k$ ). Also the traditional inventory analysis does not correctly employ the time value of money. Although an inventory system involves cash flows that occur at different points in time, traditional inventory analysis does not explicitly recognize these timing differences. Furthermore, a more crucial drawback of traditional inventory analysis is that it is based upon cost minimization. (KIM; CHUNG, 1990)*

Entretanto, outros trabalham, tais como o de Aucamp (1987), advogam a tese de que o EOQ original dá praticamente os mesmos resultados que o modelo com fluxo de caixa descontado.

## 2.10. A inclusão dos custo de financiamento da necessidade de capital de giro de cada produto no modelo do lote econômico de compras

Pesquisando toda a base de dados que contém os artigos científicos relativos ao modelo LEC/glsLEP, filtrando no software jabref pela expressão regular (“working” and “capital”), só se obtém como resultado artigos que nada têm que ver com o assunto pesquisado, à exceção de Kim e Chung (1990), como se vê na tabela 3 abaixo:

Tabela 3. – Lista de artigos retornada com a expressão regular “working capital”

Autores	Título	Journal
(CHEN; CHUANG, 1999)	An Analysis Of Light Buyer's Economic Order Model Under Trade Credit	Asia-Pacific Journal of Operational Research
(EGERAAT; JACOBSON, 2005)	Geography Of Production Linkages In The Irish And Scottish Microcomputer Industry: The Role Of Logistics	Economic Geography
(HOLDREN; HOLLINGSHEAD, 1999)	Differential Pricing Of Industrial Services: The Case Of Inventory Financing Industrial Marketing	The Journal of Business
(KIM; CHUNG, 1990)	An Integrated Evaluation Of Investment In Inventory And Credit: A Cash Flow Approach Accounting	Journal of Business Finance
(KRUPP, 1983)	Deterministic EOQ In A Production Environment	Journal of Purchasing and Materials Management
(SINKEY JOSEPH F, 1983) (SPRAGUE; THOMAS, 1985)	A Pedagogical Note On The EOQ Model Lot-sizing Methods In China	The Financial Review Production and Inventory Management
(TERSINE; PRICE, 1981)	Temporary Price Discounts And E.o.q.	Journal of Purchasing and Materials Management

Entretanto, não foi na literatura que diz respeito ao LEC/LEP que foram encontradas esta ideia de levar em consideração o impacto da necessidade de capital de giro na geração de lucro, e sim na revisão de literatura sobre gerenciamento de fluxo de caixa (e.g. Followill e Dave (1998)).

Desta forma, há fortes indícios que a literatura que versa sobre o LEC/LEP não há nada relacionando tais modelos ao gerenciamento de capital de giro, especialmente no que tange a inclusão dos custos financeiros da necessidade de capital de giro gerada pelos estoques.

## 2.11. Um modelo LEC/LEP que leva em consideração a necessidade de capital de giro

### 2.11.1. Impacto do ciclo operacional e financeiro

Embora desde Beranek (1967) existisse uma preocupação com os rígidos pressupostos do modelo LEC/LEP, bem como as consequências ruins advindas da sua distorção em relação à realidade, em especial aqueles relacionados aos tempos de pagamento e recebimento - fluxo de caixa -, a literatura científica tem aprimorado os modelos de lote econômico em inúmeras direções (demanda estocástica, preço variável, etc), mas tem praticamente ignorado os efeitos do custo do capital de giros associado aos estoques (e.g. Marquez, Bianchi e Gupta (2004)).

A geração de valor por parte das empresas depende fundamentalmente de dois ciclos: o operacional, que diz respeito às transações de compra e venda, e o financeiro, que diz respeito aos recebimentos e pagamentos. A velocidade com que as mercadorias, créditos e débitos de uma empresa são convertidas em caixa determina, em grande medida, a quantidade de valor gerada pela empresa (Matias (2007) e Matarazzo (2003)).

Sabe-se que a necessidade de capital de giro (NCG) média é calculada pela fórmula (e.g. Matias (2007, p.36-39) e Matarazzo (2003, p.312-332)) :

$$\overline{NCG} = \overline{\text{Ativo circulante operacional}} - \overline{\text{Passivo circulante operacional}}. \quad (2.15)$$

Como o que nos interessa é a necessidade de capital de giro que tem sua origem nos estoques, temos

$$\overline{NCG} = \overline{\text{Estoques}} + \overline{\text{Clientes}} - \overline{\text{Fornecedores}}. \quad (2.16)$$

Quanto mais recebíveis, em média, possui uma empresa, ou quanto mais capital mantiver em estoques, *ceteris paribus*, maior será a necessidade de capital de giro. Por outro lado, *ceteris paribus*, quanto maior a conta fornecedores, em média, menor a necessidade de capital de giro, pois os estoques estão sendo financiados, ao menos parcialmente, pelos fornecedores.

Assim, veja-se o seguinte exemplo:

**Exemplo 1** Num determinado esquema, sem consignação, o vendedor dá um prazo de 30 dias para um varejista, que por sua vez dá um prazo de 30 dias para seus clientes. Descontando-se o prazo de entrega de 5 dias, em que o produto já saiu do distribuidor faturado, mas ainda encontra-se em trânsito, têm-se que o prazo de pagamento real seria de 25 dias. Supondo que o varejista consiga vender toda a mercadoria no mesmo dia em que a recebeu, ele teria que manter um capital de giro equivalente a 5 dias, pois ele teria que pagar ao vendedor 5 dias antes de receber do seu cliente. Por outro lado, imagine-se um esquema com produtos em consignação. Normalmente, num esquema de mercadoria em consignação, o varejista teria que pagar imediatamente ao vender a mercadoria consignada, mas continuaria recebendo dos seus clientes no mesmo prazo de 30 dias. Uma situação nitidamente desvantajosa, que iria requerer um maior capital de giro, e, consequentemente, um maior custo financeiro.

O exemplo mostra que a função lucro de cada agente da cadeia de suprimentos deve levar em consideração os prazos de pagamento e recebimento, que determinam o seu ciclo financeiro e a sua necessidade de capital de giro.

O modelo utilizado neste trabalho se baseia no de Marquez, Bianchi e Gupta (2004), que, embora tenha feito suas simulações com outros objetivos, leva em consideração os custos do capital de giro associado aos estoques, conforme está no diagrama de influência entre variáveis

do seu modelo, como mostrado na figura 5, incluindo o custo financeiro do capital de giro.

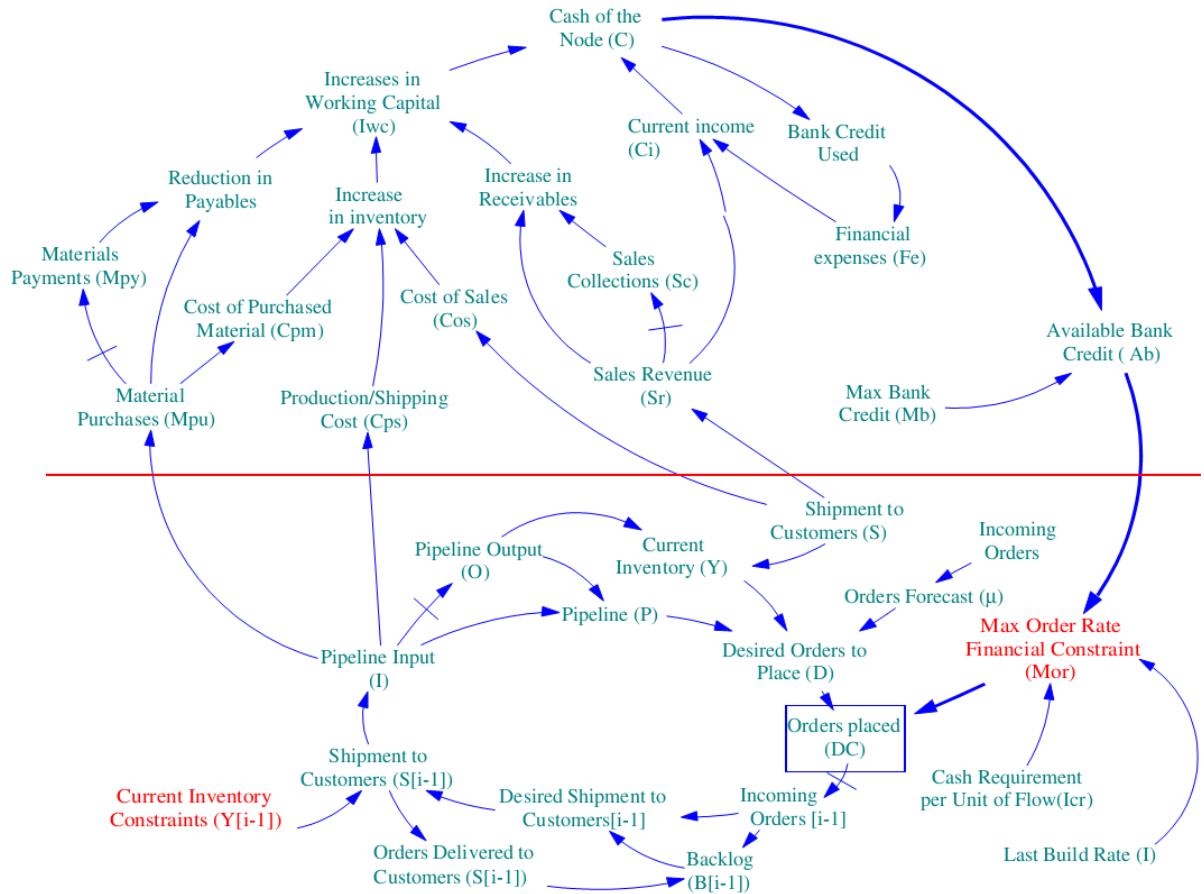


Figura 5. – Diagrama de influências entre as diversas variáveis do modelo de Marquez, Bianchi e Gupta (2004)

$$\text{NCG}_p = \overline{\text{Estoques}}_p + (\overline{\text{Clientes}}_p - \overline{\text{Fornecedores}}_p) \quad (2.17)$$

A necessidade de capital de giro gerada por um produto p ( $NCG_p$ ) é definida como (eq.2.17), onde:

$$\overline{\text{Estoques}}_p = \text{Valor financeiro médio dos estoques do produto } p. \quad (2.18)$$

$$\overline{Clientes}_p = \text{Valor financeiro médio da conta clientes do produto } p. \quad (2.19)$$

Fornecedores<sub>p</sub> = Valor financeiro médio da conta fornecedores do produto p. (2.20)

Sabendo que todo capital tem um custo, seja ele sob a forma de dividendos ou de juros, é fácil concluir que:

Toda necessidade de capital de giro precisa ser financiada, e que é possível mensurar, através da eq. 2.17, esta necessidade de capital de giro (da sua própria definição), é possível concluir que

os juros sobre a necessidade de capital de giro de cada produto  $NCG_p$  precisa ser computada.

### **2.11.2. A Teoria das Finanças Corporativas e o custo do capital, próprio e de terceiros**

A Teoria das Finanças Corporativas parte de alguns pressupostos que vêm da Ciência Econômica, tais como o de que todo capital, seja próprio seja de terceiros, precisa ser remunerado a uma taxa que seja atrativa o suficiente para que os investidores ou credores estejam dispostos a emprestar recursos para a empresa. Dai vem um dos conceitos mais elementares da Administração Financeira, que é o custo médio ponderado de capital (CPMC), também comumente conhecido pela sua sigla em inglês *weighted average cost of capital* (WACC). O CPMC é definido como a taxa média ponderada do custo de capital, com pesos correspondentes à participação do capital próprio e do de terceiros para o financiamento de uma empresa.

Logo, se todo capital tem um custo, expresso numa taxa de desconto para fluxos de caixa no tempo e num custo de oportunidade para o capital próprio, o LEC talvez devesse ser aprimorado para levar estes aspectos em consideração.

O problema é conciliar o lucro que se obtém pela fórmula e o lucro contábil, que, ao menos na DRE, não leva em consideração estes custos de capital próprio. Mas a necessidade de capital de giro tem um custo de financiamento, seja ele financiado com capital de terceiros ou próprio.

### **2.11.3. Conceituação e medição do lucro (resultado)**

A ciência da contabilidade, por sua vez, desde o seu surgimento ou disseminação havida com o mercantilismo, evidencia os modos de se mensurar o resultado (lucro) de uma firma num dado período, e a demonstração do resultado do exercício (DRE) é o relatório contábil que traz esta informação, como é amplamente conhecido.

A estrutura conceitual da DRE pode ser apreendida pela análise da demonstração em si, como será evidenciado a seguir.

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{Receita com vendas} \\
 - & \text{Gastos variáveis} \\
 = & \text{Margem de contribuição} \\
 - & \text{Gastos fixos} \\
 = & \text{Resultado (lucro)}. \quad (2.21)
 \end{array}$$

A parte variável das receitas e gastos correspondem, respectivamente, à Receita com vendas e ao Custo das mercadorias vendidas.

Do ponto de vista contábil, este é um sistema de custeio considerado útil para a tomada de de-

cisão, chamado de custeio variável. Seu método é simples: cada gasto, associado cada produto, deve ser acumulado nos CMV. Em termos práticos, a regra para inclusão de um gasto é verificar se um acréscimo de uma unidade provoca um aumento ou redução no lucro. Em linguagem matemática, vamos supor que o custo variável é composto por diversas partes, cada uma dependendo de um conjunto específico de variáveis ( $x_1 \dots x_n$ ). Logo, dada uma série de funções custo  $f_{\text{Custo}1}(x_1 \dots x_n) \dots f_{\text{Custo}f}(x_1 \dots x_n)$ , o total do custo variável seria  $\sum_f f_{\text{Custo}f}(x_1 \dots x_n)$ . Logo, supondo que  $x_1$  = tamanho do lote de compra/produção (em un.), supondo que se deseja saber o impacto de aumentar o lote de compras/produção de determinado produto p em mais 1.000 un./ano. Qual seria o impacto sobre o lucro?

Supondo que as diversas funções custo são lineares, é possível provar (diferencial total) que:

$$\Delta \text{Lucro}_p = \frac{\partial \text{Lucro}_p}{\partial x_1} \Delta x_1 + \dots + \frac{\partial \text{Lucro}_p}{\partial x_n} \Delta x_n \quad (2.22)$$

Isto é importante porque, em última análise, diz-se que um gasto é variável se a sua derivada parcial em relação ao lucro for diferente de zero, o que implica que uma variação nesta variável provoca uma variação correspondente no lucro (variável dependente).

Matematicamente, se se considera uma determinada variável num modelo é porque sua variação gera uma variação correspondente no lucro, o que implica, por definição, que a derivada parcial é diferente de zero. Isto nos permite fazer uma análise confirmatória usando sistemas de equações estruturadas; ou seja, um modelo que nos permita confirmar se determinadas variáveis são de fato importantes para o modelo em questão. Uma variável deve estar num modelo quando puder explicar parte das variações que ocorrem na variável de interesse, que é o lucro.

#### 2.11.4. A função lucro do LEC

A função lucro (pelo modelo do Dong e Xu (2002), que se baseia no LEC), é dada por:

$$\text{Lucro}_p = \text{Vendas}_p - \text{CMV}_p - \text{CTS}_p - \text{CCE}_p \quad (2.23)$$

Estamos chamando de  $\text{Lucro}_p$  ao “lucro” de uma firma f qualquer ao comprar matérias primas, produzir e vender um produto p qualquer. Na verdade, uma firma pode negociar com diferentes produtos p, e que seu lucro será, ao final uma somatória destes “lucros” por produto. Na verdade, o conceito correto para este “lucro” por produto é o conceito de Margem de contribuição (MC).

Assim, para uma firma f qualquer, temos:

$$\text{MC}_p = \text{Lucro}_p = \text{Receitas variáveis}_p - \text{Gastos variáveis}_p \quad (2.24)$$

Comparando as equações 2.31 e 2.24, pode-se escrever:

$$\text{Receitas variáveis}_p = \text{Vendas}_p \quad (2.25)$$

e que

$$\text{Custos variáveis}_p = \text{CMV}_p - \text{CTS}_p - i * (\overline{\text{Estoques}}_p + (\overline{\text{Clientes}}_p - \overline{\text{Fornecedores}}_p)) \quad (2.26)$$

Para estar conceitualmente correto do ponto de vista da ciência da contabilidade, especialmente no que diz respeito ao custeio variável, a função lucro de uma determinada firma fica então:

$$\text{Lucro}_f = \sum_p MC_p - \text{Gastos (custos ou despesas) fixos (GF)}. \quad (2.27)$$

Ou seja, o lucro de uma firma f qualquer (eq. 2.27) é o somatório das margens de contribuição de cada produto vendido, que dá a margem de contribuição da firma, subtraída dos gastos (custos ou despesas) fixos.

Como o modelo LEC é válido para apenas um produto, e que ele não considera o custo do capital de giro empregado em cada produto, a equação (eq. 2.27) do lucro da firma ( $\text{Lucro}_f$ ) fica bem mais simples:

$$\text{Lucro}_f^{\text{LEC}} = \text{Vendas}_p - \text{CMV}_p - \text{CTS}_p - \text{CCE}_p \quad (2.28)$$

#### **2.11.5. O modelo LEC aprimorado pela gestão dos custos de capital de giro associado aos estoques e ao financiamento das vendas**

$$\text{Lucro}_p = \text{Vendas}_p - \text{CMV}_p - \text{CTS}_p - \text{Custos financeiros dos estoques (CFE)}_p \quad (2.29)$$

Onde:

$\text{CFE}_p$  = custo do capital de giro empregado nos estoques de um determinado produto, considerando todo o ciclo financeiro - *cash to cash (C2C)* -, desde a compra das matérias-primas até o recebimento do dinheiro.

Logo:

$\text{CFE}_p = \text{NCG}_p \text{ PW}$  o custo do capital de giro empregado na compra, estocagem, venda e recebimento de um determinado produto  $p = i * \text{NCG}_p$ .

A necessidade de capital de giro de cada produto  $\text{NCG}_p$  é dada pela eq. 2.17, logo, sabendo

que  $CFE_p = NCG_p$ , temos:

$$CFE_p = i * (\overline{Estoques}_p + (\overline{Clientes}_p - \overline{Fornecedores}_p)). \quad (2.30)$$

Assim:

$$\text{Lucro}_p = \text{Vendas}_p - \text{CMV}_p - \text{CTS}_p - i * (\overline{Estoques}_p + (\overline{Clientes}_p - \overline{Fornecedores}_p)). \quad (2.31)$$

Neste novo modelo o custo do capital de giro é incorporado, e é dado por  $i_B * \overline{NCG}_B$  para o comprador e  $i_V * \overline{NCG}_V$  para o vendedor. Os parâmetros  $i_B$  e  $i_V$  representam a taxa de juros do comprador e do vendedor. Como  $\overline{NCG}_B = \overline{E}_B + \overline{C}_B - \overline{F}_B$ , onde  $\overline{E}_B$  é o estoque médio do comprador,  $\overline{C}_B$  é o saldo médio dos recebíveis do comprador e  $\overline{F}_B$  é o saldo médio da conta fornecedores do comprador, vê-se que este modelo incorpora, além do custo dos estoques, os outros elementos que faltam no modelo de Dong e Xu (2002), que são aqueles relativos aos prazos médios de pagamento e recebimento ( $\overline{C}_B - \overline{F}_B$ ).

Pretendemos demonstrar a tese de que nem sempre a consignação de estoques é benéfica para quem recebe os produtos em consignação. E que o modelo que leva em consideração os prazos de estocagem, pagamentos e recebimentos, ou seja, o ciclo financeiro dos estoques, permite evidenciar isto, ao contrário dos modelos tradicionalmente utilizados.

Assim, revisando a função do comprador no modelo de Dong e Xu (2002), temos que

$$\Pi_B = p(y)y - c(y) - i_B * \overline{NCG}_B. \quad (2.32)$$

Dado que  $\overline{NCG}_B = \overline{E}_B + \overline{C}_B - \overline{F}_B$ , temos então:

$$\Pi_B = p(y)y - c(y) - i_B \overline{E}_B - i_B (\overline{C}_B - \overline{F}_B). \quad (2.33)$$

O termo  $i_B * \overline{E}_B$  é equivalente aos custos de carregamento do estoque no modelo de Dong e Xu (2002), mas agora tem-se novos termos que se relacionam aos prazos de pagamento e recebimento, que são os saldos médios das contas a receber e a pagar ( $\overline{C}_B - \overline{F}_B$ ), bem como tem-se a introdução da taxa de juros do comprador e do vendedor.

Os termos relacionam-se com os prazos de conversão do estoques em vendas (prazo médio de estocagem (PME)) e dos recebíveis em caixa (prazo médio de recebimento (PMR)), bem como ao prazo médio de pagamento. Assim, quanto mais dias os produtos ficarem em estoques, ou quanto maior o prazo de recebimento, maiores os custos. Por outro lado, quanto maior o prazo de pagamento (prazo médio de pagamento (PMP)), maior será o valor médio da conta fornecedores, o que aumenta o lucro - ceteris paribus - pela redução da necessidade de capital de giro.

Tem-se que

$$PMR = 360 * \frac{\overline{\text{Recebíveis}}}{\text{Receita de Vendas}}. \quad (2.34)$$

Logo, o saldo médio dos recebíveis é dado por:

$$\overline{\text{Recebíveis}} = PMR * \frac{\overline{\text{Vendas}}}{360} = PMR * \overline{\text{Vendas}}. \quad (2.35)$$

O prazo médio de estocagem é dado por

$$PME = 360 * \frac{\overline{\text{Estoque}}}{\text{CMV}}. \quad (2.36)$$

Logo,

$$\overline{\text{Estoque}} = PME * \frac{\text{CMV}}{360}. \quad (2.37)$$

O prazo médio de pagamento é dado por

$$PMP = 360 * \frac{\overline{\text{Fornecedores}}}{(\text{CMV} + \Delta \text{Estoques})}. \quad (2.38)$$

Logo,

$$\overline{\text{Fornecedores}} = PMP * \frac{(\text{CMV} + \Delta \text{Estoques})}{360}. \quad (2.39)$$

Como estamos uma estacionariedade na demanda, que é normalmente distribuída, podemos considerar  $\Delta \text{Estoques} \approx 0$ , ou seja, que

$$\overline{\text{Fornecedores}} \approx PMP * \frac{\text{CMV}}{360}. \quad (2.40)$$

Reescrevendo a equação 2.33 em função destas equações, tem-se que

$$\Pi_B = \text{Vendas}_B - \text{CMV}_B - \frac{i_B}{360} * [(\text{PME}_B * \text{CMV}_B) + (\text{PMR}_B * \text{Vendas}_B) - (\text{PMP}_B * \text{CMV}_B)]. \quad (2.41)$$

Colocando sob outra forma, tem-se que (eq. 2.42):

$$\Pi_B = \text{Vendas}_B - \text{CMV}_B - \frac{i_B}{360} * [\text{PMR}_B * \text{Vendas}_B + (\text{PME}_B - \text{PMP}_B) * \text{CMV}_B]. \quad (2.42)$$

No caso do VMI-CI, o prazo médio de estocagem passa a ser zero, pois o consignatário não é dono da mercadoria. Em compensação, o prazo médio de pagamento também deve cair. Portanto, no caso da consignação, a depender do prazo médio de pagamento do consignatário ao consignante, pode haver uma perda ao invés de um ganho, como mostra uma inspeção na eq.

2.43:

$$\Pi_B^C = \text{Vendas}_B - \text{CMV}_B - \frac{i_B}{360} * [\text{PMR}_B^C * \text{Vendas}_B - \text{PMP}_B^C * \text{CMV}_B]. \quad (2.43)$$

Para o vendedor a função de lucro (eq.2.6) fica sendo:

$$\Pi_V = \text{Vendas}_V - \text{CMV}_V - \frac{i_V}{360} * [\text{PMR}_V * \text{Vendas}_V + (\text{PME}_V - \text{PMP}_V) * \text{CMV}_V]. \quad (2.44)$$

Como as vendas do Vendedor é o CMV do comprador, temos:

$$\Pi_V = \text{CMV}_B - \text{CMV}_V - \frac{i_V}{360} * [\text{PMR}_V * \text{CMV}_B + (\text{PME}_V - \text{PMP}_V) * \text{CMV}_V]. \quad (2.45)$$

## CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

### 3.1. Natureza da pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como quantitativa, por utilizar-se de dados numéricos e processar estes dados numéricos através de um modelo de simulação computacional.

É também explicativa, na medida em que busca estabelecer relações entre algumas variáveis do modelo diferentes cenários. Cada cenário é definido como um conjunto específico de parâmetros do modelo.

É também uma pesquisa empírica, pois se utiliza da técnica da simulação computacional de sistemas dinâmicos para avaliar e mensurar os efeitos da consignação de estoques sobre os lucros. Além disto, são analisados outros aspectos financeiros relevantes, tais como o ciclo operacional e financeiros e seus efeitos sobre os lucros.

Segundo Davis, Eisenhardt e Bingham (2007), as simulações possibilitam o desenvolvimento de novas teorias, bem como o teste de teorias pré-existentes. Em pesquisas como esta, que envolvem um modelo complexo e não linear, em que atuam múltiplos agentes, além de que parte das variáveis são aleatórias, as simulações de montecarlo tornam-se uma solução trivial. Além disto, desde há muito a literatura já mostrava o uso de simulações estocásticas usando micro-computadores como forma de verificar o comportamento de sistemas dinâmicos, em especial avaliação ótima de estoques, tais como Choi, Malstrom e classen (1984), Alstrøm e Madsen (1996), Sparling (2002), dentre outros.

Além desta técnica, é utilizada a pesquisa bibliográfica para fazer a revisão da literatura.

### 3.2. O experimento das simulações computacionais

#### 3.2.1. A simulação estocástica de sistemas dinâmicos

A simulação estocástica de sistemas dinâmicos, em tempo discreto ou contínuo, é uma técnica que visa obter um histórico sobre as variações sofridas por algumas variáveis de interesse quando os dados de entrada ou os parâmetros do sistema são alterados(PORTEUS, 1990). É uma técnica bastante poderosa, e, não raro, é a única forma de resolver numericamente um problema intratável de forma algébrica. Do ponto de vista deste trabalho, as variáveis de entrada são as demandas do varejista  $D_{d=[1 \dots 360]}^{f=retailer}$ . A partir destas demandas, que se propagam à montante na cadeia de suprimentos (CS), os processos de planejamento de produção (*Manufacturing Resource Planning (MRP)*) e de demanda passam a gerar ordens.

### 3.2.2. Dados da pesquisa

#### A demanda

Os dados primários da pesquisa são os dados de demanda do varejista ( $D_{d=[1 \dots 360]}^{f=retailer}$ ), que foram gerados de duas formas:

$$D_{d=[1 \dots 360]}^{f=retailer} = \begin{cases} N(\mu = 350, \sigma = 50) & \text{demanda estocástica normalmente distribuída} \\ \mu = 350 & \text{demanda constante} = 350\text{un.} \end{cases}$$

Foi utilizada uma distribuição normal cuja média e desvio-padrão podem ser configurados na planilha de parâmetros do modelo. Nas simulações feitas, adotou-se uma média de 350 un com desvio-padrão de 50 unidades, conforme se mostra na tabela de parâmetros 9.

A demanda simulada do varejista gera ordens que vão se propagando como demandas à montante na cadeia de suprimentos. Nas fábricas a demanda de produtos finais gera a demanda de matérias primas de acordo com a composição do produto, seguindo um modelo MRP, ou seja, planejamento de recursos de manufatura conforme mostrado na figura 12.

### Os resultados

A demanda simulada para os varejistas, que se propaga ao longo da cadeia, segundo o modelo de simulação descrito a seguir, gera um conjunto de dados de saída que serão utilizados para avaliar o impacto dos diferentes parâmetros sobre o lucro e os custos, além dos níveis médios de estoques e outras variáveis de interesse, como mostra a tabela 4.

Tabela 4. – Tabela de variáveis de saída

Receita com vendas (\$):	$RT^{S1}, RT^{S2}, RT^F, RT^D, RT^R, RT^{\text{Total}}$
CMV (\$):	$CMV^{S1}, CMV^{S2}, CMV^F, CMV^D, CMV^R, CMV^{\text{Total}}$
Gastos Fixos (\$):	$OC^{S1}, OC^{S2}, OC^F, OC^D, OC^R, OC^{\text{Total}}$
Gastos financeiros (\$):	$CF^{S1}, CF^{S2}, CF^F, CF^D, CF^R, CF^{\text{Total}}$
Lucro (\$):	$LT^{S1}, LT^{S2}, LT^F, LT^D, LT^R, LT^{\text{Total}}$
Fornecedores (\$):	$PG^{S1}, PG^{S2}, PG^F, PG^D, PG^R, PG^{\text{Total}}$
Clientes (\$):	$RC^{S1}, RC^{S2}, RC^F, RC^D, RC^R, RC^{\text{Total}}$
Estoque médio (MP + PA) (\$):	$STK^{S1}, STK^{S2}, STK^F, STK^D, STK^R, STK^{\text{Total}}$
NCG (\$):	$WCN^{S1}, WCN^{S2}, WCN^F, WCN^D, WCN^R, WCN^{\text{Total}}$
Vendas perdidas (un):	$LS\_UN^{S1}, LS\_UN^{S2}, LS\_UN^F, LS\_UN^D, LS\_UN^R, LS\_MN^{\text{Total}}$
Vendas perdidas (\$):	$LS\_UM^{S1}, LS\_UM^{S2}, LS\_UM^F, LS\_UM^D, LS\_UM^R, LS\_UM^{\text{Total}}$
Custos transporte PA (\$):	$TP\_PA^{S1}, TP\_PA^{S2}, TP\_PA^F, TP\_PA^D, TP\_PA^R, TP\_PA^{\text{Total}}$
Custos transporte MP (\$):	$TP\_MP^{S1}, TP\_MP^{S2}, TP\_MP^F, TP\_MP^D, TP\_MP^R, TP\_MP^{\text{Total}}$

### 3.2.3. Modelo de simulação

O modelo de simulação baseia-se numa cadeia de suprimentos hipotética conforme mostrado na figura 10.

Esta cadeia de suprimentos pode ser modelada como uma rede onde cada nó tem dois tipos básicos: o industrial e o comercial. O nó industrial é mostrado na figura 6. Na revisão de litera-

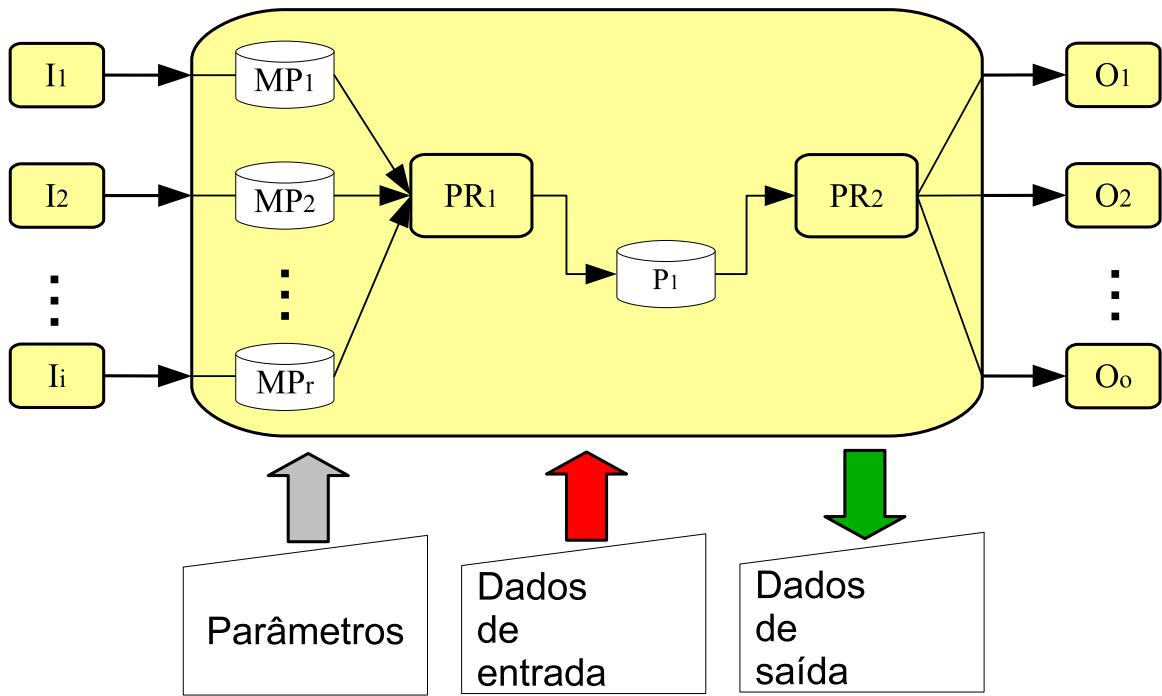


Figura 6. – Nó que representa um processo de produção de um produto, que recebe insumos ( $I_1, I_2, \dots, I_i$ ), os transforma em produto  $P_1$  através do processo  $PR_1$  e o vende ( $O_1, O_2, \dots, O_o$ ) para os consumidores através do processo  $PR_2$ .

tura que foi feita pôde-se observar que esta idéia de modelagem fractal surge, até onde se pôde perceber, com o trabalho de Ryu et al. (2012).

Além do nó industrial, o outro nó diz respeito ao processamento e controle dos processos. É chamado de Unidade de Controle e Processamento de dados (UCP), conforme mostra a figura 7. Sua finalidade é processar os dados internos e externos, de acordo com determinados parâmetros, produzindo como saída informações processadas (selecionadas, agrupadas, analisadas, etc) para outros nós da rede. No caso de um microempreendedor individual, em que o proprietário cuida de todos os assuntos, ele seria o nó UCP desta empresa

Observe-se que estes nós são fractais pois a rede resultante apresenta autosimilaridade, isto

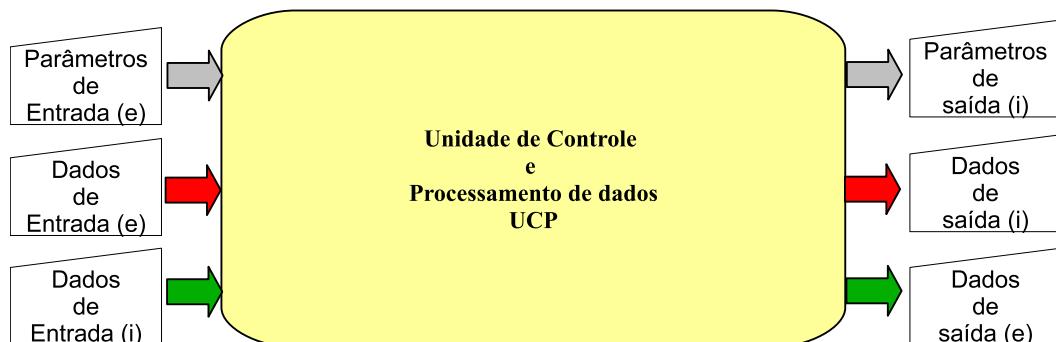


Figura 7. – Nó que representa uma UCP.

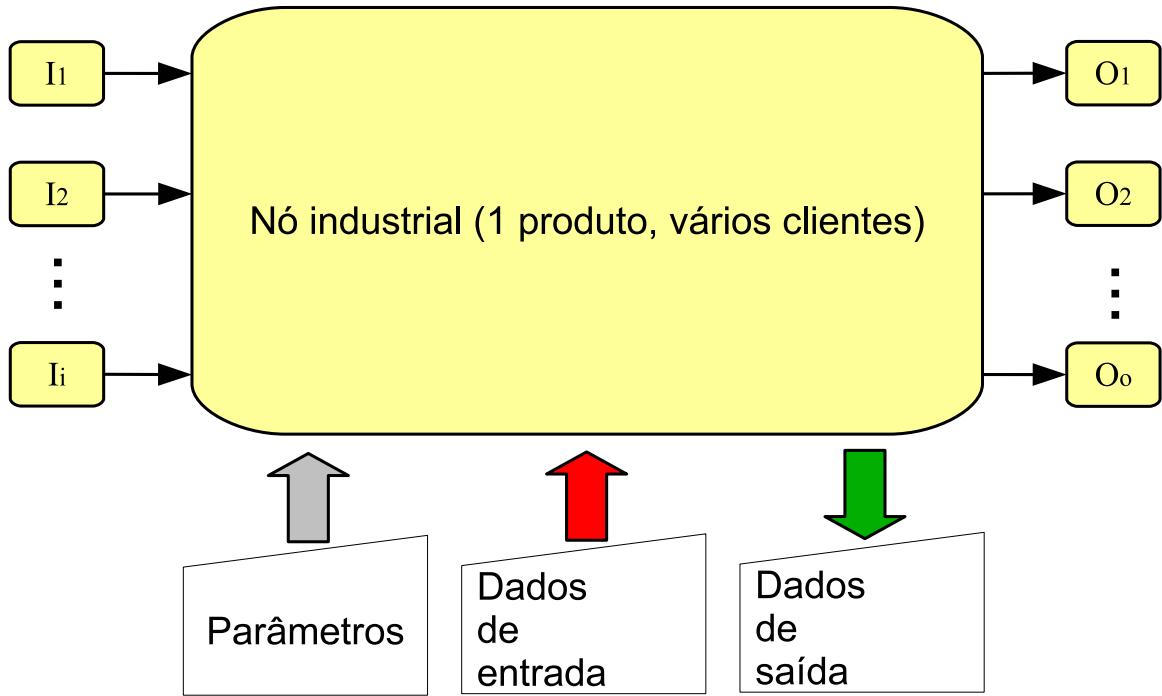


Figura 8. – Nó que representa um processo de produção de um produto, que recebe insumos ( $I_1, I_2, \dots, I_i$ ), os transforma em produto  $P_1$  através do processo  $PR_1$  e o vende ( $O_1, O_2, \dots, O_o$ ) para os consumidores através do processo  $PR_2$ .

é, cada nó pode ser composto de um ou mais nós iguais a todos os outros. Daí toda uma determinada cadeia de suprimentos pode ser modelada como um grande nó composto por outros tantos nós iguais a estes. A grande vantagem de uma modelagem fractal é que o tratamento matemático fica mais simples e confiável, além de permitir *insights* interessantes. Cada nó pode ser visto como uma caixa-preta, como mostra a figura 8

Modelando-se a CS da figura 10 a partir dos blocos construtivos já mostrados, temos a figura 11, que mostra a CS como constituída dos mesmos blocos, e assim sucessivamente, de maneira auto-similar.

### 3.2.4. Os módulos de controle de estoque (MP e PA), MPR, fluxo de caixa e previsão de vendas, em quatro regimes de consignação

#### A conservação dos estoques

Tanto os estoques de matérias-primas, de produtos em produção, quanto o de produtos acabados, tanto os em estoque quanto os que estão consignados, são controlados segundo a fórmula básica:

$$E_{d=n,p=p} = E_{d=(n-1),p=p} + \text{EntStk}_{d=n,p=p} - \text{SaiStk}_{d=n,p=p} \quad (3.1)$$

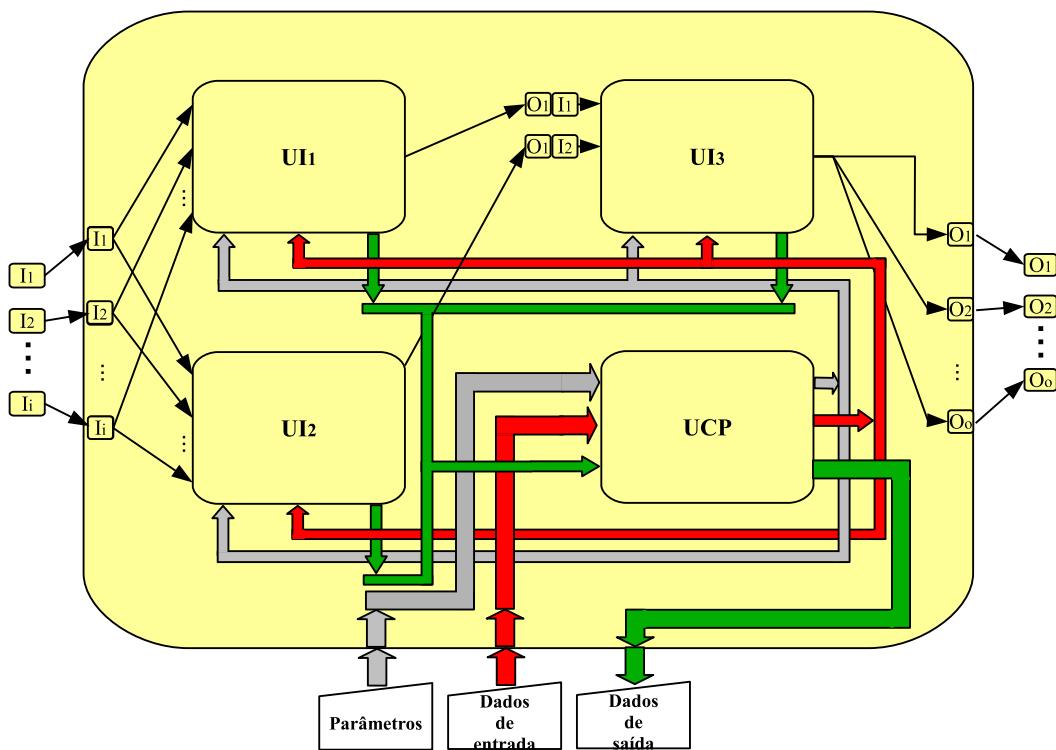


Figura 9. – Rede fractal de nós que representa uma indústria que produz dois produtos nos seus dois processos industriais ( $UI_1$  e  $UI_2$ ).

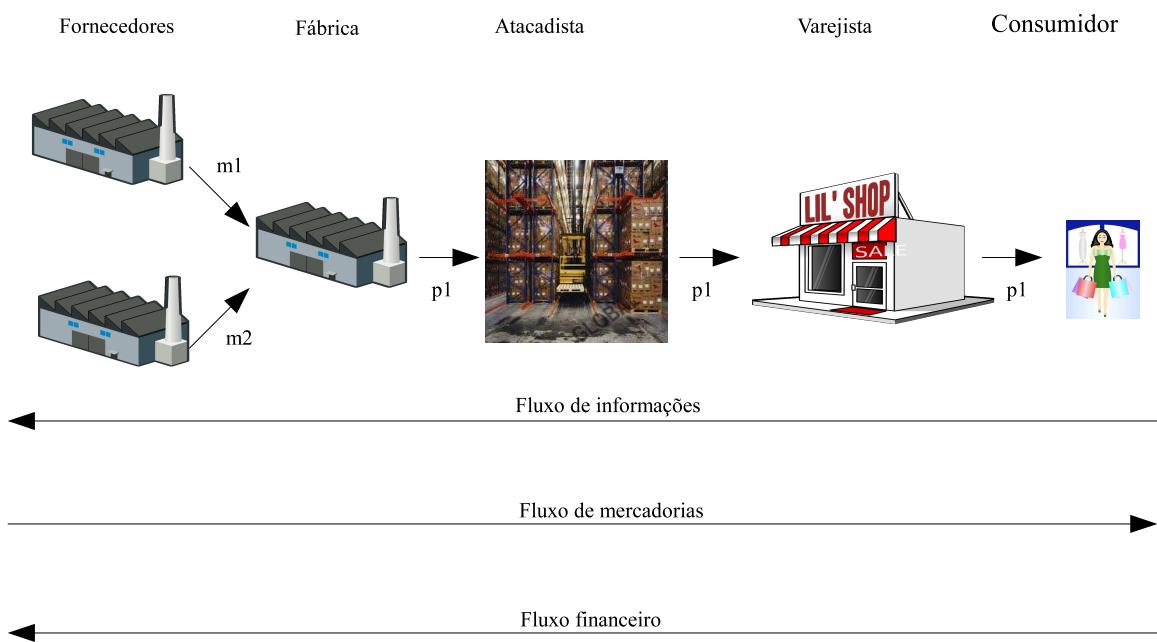


Figura 10. – Cadeia de suprimentos hipotética

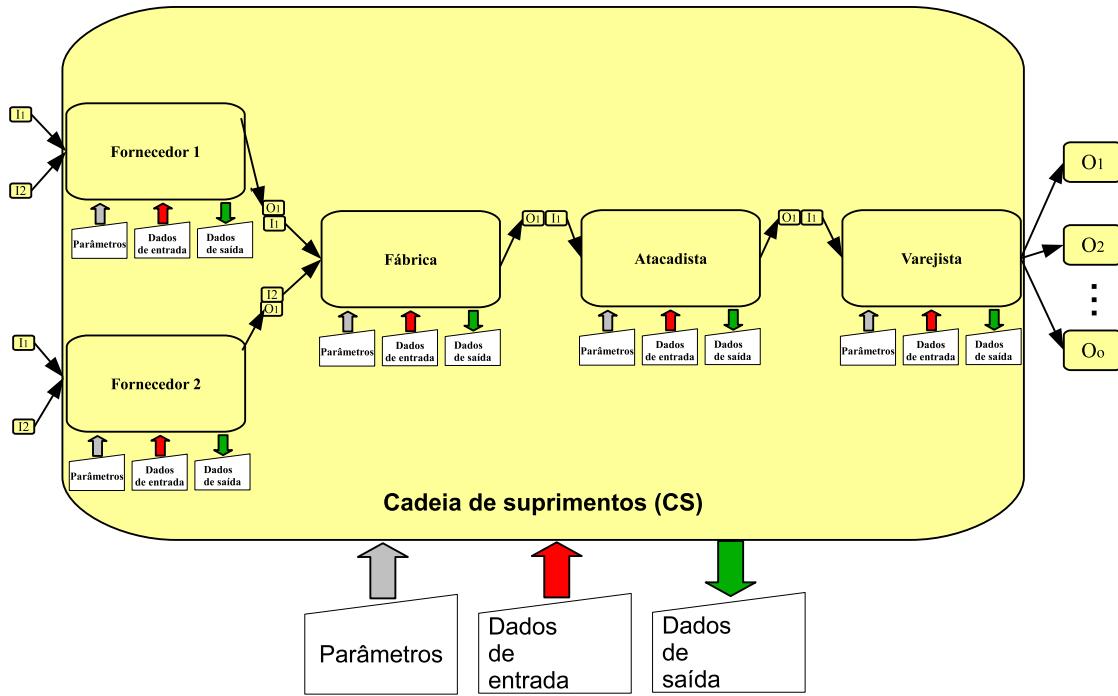


Figura 11. – Rede de nós do tipo mostrado anteriormente, representando o nível mais elevado, que é o da cadeia de suprimentos.

### A conservação dos fluxos de caixa

$$C_{d=n, p=p} = C_{d=(n-1), p=p} + \text{EntCash}_{d=n, p=p} - \text{SaiCash}_{d=n, p=p} \quad (3.2)$$

$$\text{EntCash}_{d=n, p=p} = \sum \begin{cases} \text{Evento}_1 & \text{recebimento de vendas à prazo} \\ \text{Evento}_2 & \text{recebimento de vendas em consignação} \\ \text{Evento}_3 & \text{empréstimo bancário.} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\text{SaiCash}_{d=n, p=p} = \sum \begin{cases} \text{Evento}_4 & \text{pagamento de mercadorias em consignação} \\ \text{Evento}_5 & \text{pagamento de mercadorias pagas à prazo} \\ \text{Evento}_6 & \text{pagamento de frete} \\ \text{Evento}_7 & \text{pagamento de gastos fixos} \\ \text{Evento}_8 & \text{amortização de empréstimo bancário.} \end{cases} \quad (3.4)$$

### A previsão de vendas e o MRP

A previsão de vendas usa a técnica do amortecimento exponencial.

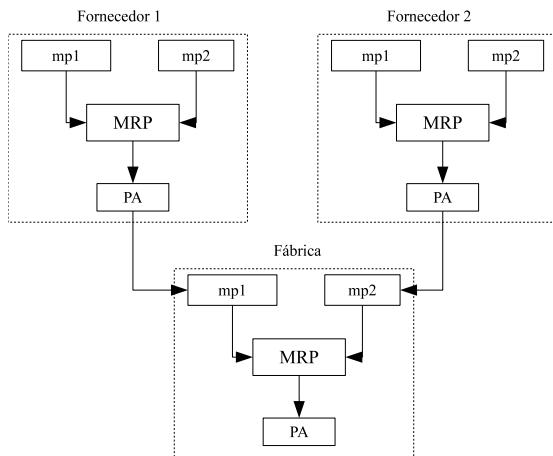


Figura 12. – A relação entre os MRP's dos fornecedores e o da fábrica

### 3.2.5. Parâmetros do modelo

Os parâmetros do modelo foram escolhidos de maneira a evidenciar possíveis problemas da fórmula do LEC. Assim, quando a venda é feita em consignação, o pagamento é feito imediatamente após a venda do produto recebido em consignação. Isto faz com que o prazo para pagamento seja reduzido de uma situação para a outra, o que, no modelo do LEC, não seja levado em consideração. Isto permite que seja evidenciada a importância de se acrescentar o custo do capital de giro no modelo do LEC, pois fica claro pelos resultados da simulação que as despesas financeiras podem reduzir o lucro devido um aumento na NCG, especialmente pela redução nos prazos de pagamento.

Este modelo contempla duas fábricas que produzem matérias primas para a outra. Esta produz o produto que é vendido a um atacadista, que então vende para um varejista, que então vende aos consumidores.

Os dados de demanda simulada no varejista geram ordens de compra para os atacadistas, que por sua vez são a demanda para a fábrica. A fábrica então gera pedidos de matérias primas (m1 e m2) para outras duas fábricas.

As outras duas fábricas também possuem um sistema MRP que gera demanda de matérias primas para seus dois fornecedores de duas matérias primas necessárias para a produção das matérias primas m1 e m2 da fábrica, conforme a figura 12.

As quantidades matérias primas (em unidades) que entram na composição dos produtos finais de cada fábrica, parâmetros essenciais para o MRP, são configuráveis no modelo.

No caso em questão, para as simulações desta pesquisa, foram adotados os seguintes parâmetros.

**Tabela 5. – Tabela de parâmetros para a matéria prima 1**

Matéria prima 1	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica
Estoque inicial (un):	0	0	0
Recebimento inicial (un):	0	0	0
Prazo entrega (dias):	3	3	3
Prazo pagamento (dias):	10	10	20
Preço (\$/un):	\$3,00	\$4,00	\$17,05
Custo transporte (\$/un):	\$0,01	\$0,01	\$0,01
Tempo transporte (dias):	2	4	3

**Tabela 6. – Tabela de parâmetros para a matéria prima 2**

Matéria prima 2	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica
Estoque inicial (un):	0	0	0
Recebimento inicial (un):	0	0	0
Prazo entrega (dias):	4	2	2
Prazo pagamento (dias):	25	10	20
Preço (\$/un):	\$5,00	\$6,00	43,20
Custo transporte (\$/un):	\$0,01	\$0,01	\$0,01
Tempo transporte (dias):	5	4	3

### Parâmetros relativos ao processo de produção das fábricas

As tabelas 5 e 6 mostram os parâmetros de recebimento das matérias primas. A fábrica recebe como matérias primas 1 e 2.

**Tabela 7. – Tabela de parâmetros para o processo de produção (MRP)**

Processo de produção	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica
Razão conversão (rm1/pr):	1	3	5
Razão conversão (rm2/pr):	2	4	6
Tempo produção (dias):	3	3	3
Custo direto produção (/ un):	\$2,00	\$2,00	\$2,00

A tabela 7 mostra os parâmetros do MRP das fábricas e o custo direto unitário de produção, conforme é mostrado na figura 13. No caso do fornecedor 2, por exemplo, são necessárias 3un de sua matéria prima mp1 para cada produto acabado (PA). São também necessárias 4un do matéria prima mp2. Ao final, este produto acabado (PA) do fornecedor 2 é a matéria prima 2 da fábrica, assim como o produto acabado do fornecedor 1 é a matéria prima 1 da fábrica, conforme ilustrado na figura 12.

### Parâmetros relativos ao gerenciamento de estoques de produtos acabados

A tabela 8 mostra os parâmetros de gerenciamento de estoques. Primeiro parâmetro diz respeito ao estoque inicial em unidades. O segundo parâmetro mostra o preço unitário de venda.

O prazo de recebimento, dado em dias, define o prazo de faturamento dos produtos acabados.

O estoque de segurança, o ponto de ressuprimento e o lote econômico são parâmetros para controle do estoque, definindo quando são postas pedidos para os fornecedores.

O parâmetro “envia em consignação?”, que pode assumir os valores 0 ou 1 para a fábrica ou distribuidor, define se eles enviam seus produtos em consignação. No caso, se este parâmetro

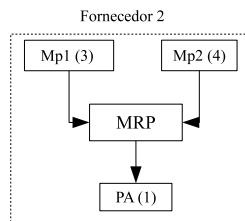


Figura 13. – MRP do fornecedor 2 com as razões de conversão de matéria prima (mp1 e 2) em produto acabado (PA).

Tabela 8. – Tabela de parâmetros para o gerenciamento de estoques

Estoque de produtos	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Estoque inicial (un):	0	0	0	0	0
Preço venda (\$/un):	\$17,05	\$43,20	\$394,00	\$448,00	\$509,50
Prazo recebimento (dias):	20	20	30	30	30
Estoque segurança (un):	0	0	0	0	100
Ponto ressuprimento (un):	496	497	498	100	100
Lote econômico (un):	250	251	252	253	100
Envia em consignação?	0	0	0	0	0
Custo un. frete (\$/un):	\$0,01	\$0,01	\$0,01	\$0,60	\$0,70
Prazo transporte (dias):	2	4	3	3	2
Prazo de entrega máximo (dias):	5	5	5	5	0
Custos indiretos (/dia):	\$500,00	\$500,00	\$500,00	\$800,00	\$500,00

for 1 para a fábrica, significa que esta envia seus produtos em consignação para o distribuidor. Os cenários de simulação testam todas as combinações destes parâmetros para a fábrica e o distribuidor. Para o varejista não faz sentido, e para os fornecedores de matérias primas para a fábrica também não, pois seria muito mais complicado controlar o estoque consignado de matérias primas.

O custo unitário do frete define, como seu nome diz, o custo de transporte. Este custo é pago à vista e incorporado ao custo do produto. No caso de venda em consignação, é pago pelo vendedor (CIF). No caso normal, sem consignação, é pago pelo comprador.

O tempo de entrega define, como o nome já diz, o prazo de transporte.

O prazo máximo de entrega define quanto em quanto tempo o pedido pode ser entregue. Caso não haja produtos a entregar na data máxima, a venda é perdida.

Os custos indiretos são aqueles que existem independentemente das quantidades produzidas. Exemplo: aluguel da fábrica, salário da administração, etc.

Tabela 9. – Tabela de parâmetros para a geração estocástica da demanda

Parâmetros da demanda	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Média (un):					350
Desvio padrão(un):					50
Alpha (exponencial):	0,5	0,5	0,5	0,5	

A tabela 9 mostra os parâmetros para a geração da demanda no varejista. A demanda foi gerada a partir de uma distribuição normal com média 350un e desvio-padrão de 50un.

## Parâmetros relativos ao gerenciamento financeiro

Tabela 10. – Tabela de parâmetros para o gerenciamento financeiro

Fluxo de caixa	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Caixa inicial (\$):	5000	5000	5000	5000	5000
Taxa de juros (%a.m.):	5%	5%	5%	5%	5%
Caixa mínimo (\$):	500	500	500	500	500
Caixa máximo (\$):	1000	1000	1000	1000	1000

A tabela 10 mostra os parâmetros para o gerenciamento financeiro. O caixa inicial corresponde ao capital social no início da simulação. Caso os pagamentos sejam maiores que o saldo em caixa, a simulação toma dinheiro emprestado no banco de forma a deixar um saldo mínimo correspondente ao parâmetro de caixa mínimo da tabela 10.

Tabela 11. – Tabela de parâmetros para o patrimônio líquido

Patrimônio líquido	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Capital social (\$):	5000	5000	5000	5000	5000

A tabela 11 mostra o capital social, que corresponde ao caixa inicial mostrado na tabela 10.

### 3.2.6. Os cenários de simulação

No caso, foram estabelecidos quatro cenários distintos: no primeiro, ninguém envia em consignação. No segundo, somente o distribuidor envia em consignação para o varejista. No terceiro, somente a fábrica envia em consignação para o distribuidor e, por último, no quarto cenário, tanto o distribuidor quanto a fábrica enviam em consignação. Os outros parâmetros do modelo são mantidos constantes nos quatro cenários, pois o objetivo é verificar o efeito da consignação sobre as finanças de cada elemento da cadeia.

Resumidamente, foram simulados quatro cenários:

1. Um cenário sem estoques consignados;
2. Um cenário em que somente a fábrica coloca os produtos em consignação para o atacadista;
3. Um cenário em que somente o distribuidor coloca os produtos em consignação para o varejista;
4. Um cenário em que a fábrica coloca produtos em consignação para o distribuidor, que por sua vez coloca os produtos em consignação para o varejista.

### 3.2.7. Os regimes de simulação

Foram coletados os dados em dois regimes: em regime transitente e em regime permanente. Em regime transitente os dados iniciais e finais são obtidos no dia  $d = 1 \dots 360$ , enquanto em regime permanente são descartados os dias iniciais da simulação, de forma que os dados iniciais são coletados a partir do dia  $d = 36 \dots 360$ , o que perfaz  $n = 325$  dias de simulação.

### 3.2.8. Tratamento dos dados

As variáveis de interesse, que são os lucros e custos de cada um dos agentes da cadeia de suprimentos modelada, foram comparados nos quatro cenários especificados na seção 3.2.6. Para cada cenário, foram feitas 16000 simulações, perfazendo um total de 64000 simulações, que correspondem a diferentes conjuntos de demandas agregadas no varejista para cada dia da simulação.

Todas as variáveis de interesse foram capturadas duas vezes: a primeira em regime transiente e a segunda em regime permanente, o que eleva o número de simulações para 128.000.

### 3.2.9. Materiais utilizados

Os dados foram simulados utilizando as macros do Excel® listadas no apêndice C. O resultado final foi um arquivo em formato sigla de *comma separated variables*, formato de intercâmbio de dados onde cada linha tem um registro e cada campo do registro é separado do seguinte por uma vírgula (CSV).

A distribuição dos lucros e dos custos de cada elemento da cadeia de suprimentos, obtida com as simulações em cada um dos cenários, foram utilizadas para a mensuração do lucro, de modo a verificar e mensurar o impacto da consignação dos estoques sobre os custos e os lucros, tanto individuais como da cadeia como um todo.

O modelo foi simulado em um computador DELL XPS L502X dotado de processador Intel(R) Core(TM) i7-2860QM CPU @ 2.50 GHz, com oito processadores e memória compartilhada de 8GB.

A macro de simulação grava, a cada registro, o *timestamp*, de modo que a última simulação foi feita no dia 02 abr. 2013 das 01h11 até as 06h43, num total de 5h32. Logo, como foram feitas 128.000 simulações, são  $128.000 / 332 = 385$  simulações por minuto.

## 3.3. A revisão da literatura

A revisão de literatura é uma técnica bastante utilizada em ciências da saúde, e que tem sido utilizada nas outras ciências e que permite garantir um rigor metodológico na seleção dos artigos a serem revisados, buscando aumentar a probabilidade de que os artigos relevantes para o problema de pesquisa sejam selecionados e revisados, evitando dois possíveis erros de seleção:

- selecionar artigos inadequados ou
- deixar de selecionar artigos importantes.

Além disto, a revisão de literatura deve permitir que os leitores possam reproduzir a pesquisa bibliográfica que foi feita, chegando aos mesmos resultados reportados na pesquisa.

Durante a fase de revisão da literatura foram utilizadas diversas expressões de buscas nas seguintes bases de dados de bibliografia científica: ISI Web of Science, Scopus, EBSCOHost, Google Scholar, etc.

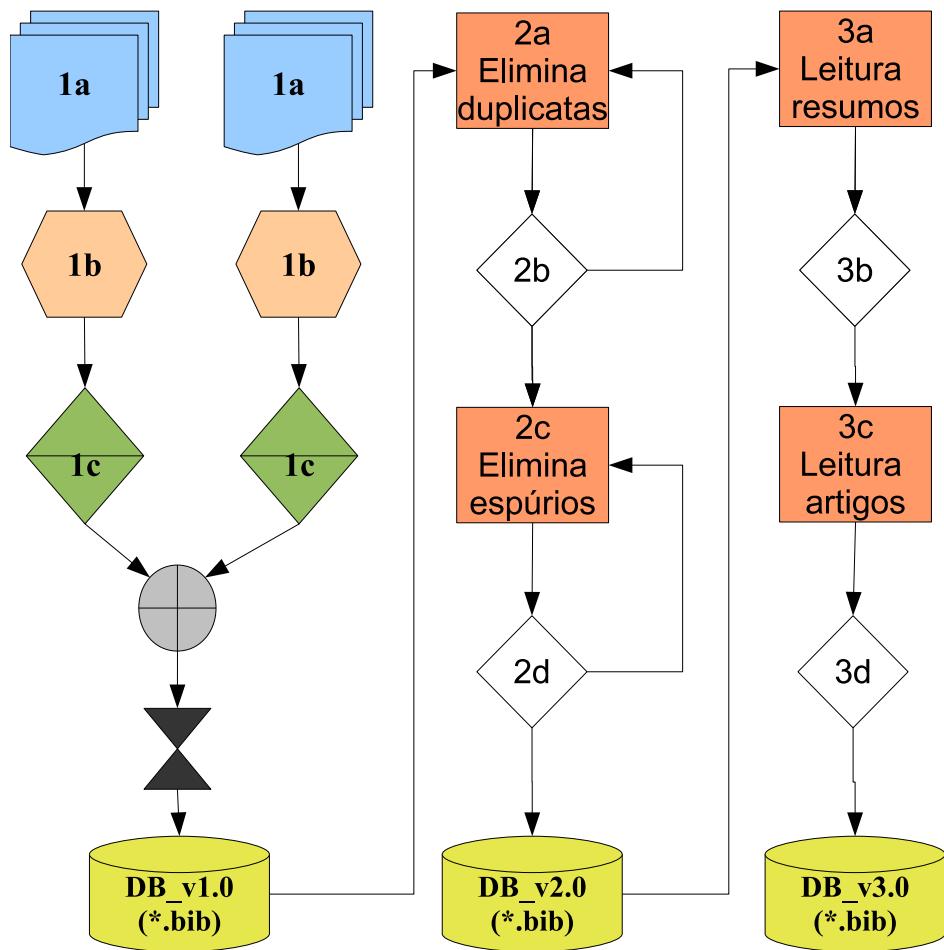


Figura 14. – Fluxogramas que representam o processo de coleta e seleção das referências bibliográficas. O primeiro processo (1a...1c) representa a busca nas bases científicas pelas palavras chave.

O fluxograma da seleção dos artigos revisados é mostrada na figura 14. No apêndice B tem-se o resultado da filtragem dos artigos que dizem respeito a custo do capital, finanças, fluxo de caixa e outras palavras-chave que permitiram chegar a esta lista.

Foi feita uma busca pelas palavras-chave *stocks*, *consignment*, *VMI*, *VMI-CI*, *inventory* e suas combinações nas diversas bases científicas (google acadêmico, scopus, sciencedirect, etc). Como resultado, obteve-se uma lista com 1291 artigos, que foram então analisados segundo o fluxo mostrado na figura 14.

### 3.4. Desenvolvimento das proposições

#### 3.4.1. A diferença entre os resultados com demanda constante ou normalmente distribuída, nos dois regimes e nos diversos cenários de consignação

É preciso, em primeiro lugar, verificar os efeitos dos dois regimes, transiente e permanente, sobre as variáveis de saída. Desta forma, a primeira proposição é:

**Proposição 1.** *Dada uma CS hipotética, como a mostrada na seção 3.2.3 deste trabalho, existem diferenças entre os valores das variáveis correspondentes a cada cenário no regime transitivo que deixam de existir no regime permanente.*

Uma vez provada esta proposição passa a se justificar as comparações serem feitas em regime permanente.

### **3.4.2. Estatísticas, normalidade e média definida**

Com esta proposição pretende-se verificar a normalidade e se a distribuição tem média definida.

**Proposição 2.** *Dada uma CS hipotética, como a mostrada na seção 3.2.3 deste trabalho, as variáveis de saída são normalmente distribuídas quando a simulação é feita com demanda normalmente distribuída.*

### **3.4.3. A importância de uma abordagem integrada entre finanças e logística**

As proposições seguintes dizem respeito à importância de se considerar ou não as despesas financeiras como custos variáveis; verificar se isto torna o modelo mais ou menos capaz de explicar a realidade.

#### **O impacto da NCG nos lucros de uma CS com demanda constante**

**Proposição 3.** *Dada a CS hipotética da figura 10, nos quatro cenários distintos, haverá diferença de ordem entre os lucros dos participantes da cadeia em função da maior ou menor NCG provocado pela consignação e os prazos de reconhecimento e pagamento das despesas e das receitas.*

#### **O impacto da NCG nos lucros de uma CS com demanda estocástica**

**Proposição 4.** *Dada a CS hipotética da figura 10, nos quatro cenários distintos, haverá diferença de ordem nos lucros dos participantes da cadeia em função da maior ou menor NCG provocado pela consignação e os prazos de reconhecimento e pagamento das despesas e das receitas.*

#### **Conservação da ordem dos lucros nos quatro cenários entre os tipos de demanda**

**Proposição 5.** *A ordem dos lucros nos diversos cenários é preservada quando se compara os resultados com a demanda constante e com ela posta para variar aleatoriamente.*

### 3.4.4. A importância da inclusão do custo do financiamento da NCG<sub>p</sub> no LEC/LEP

O modelo do LEC/LEP não reconhece os custos do financiamento do capital de giro associado aos estoques. Uma das formas de provar empiricamente que existem casos em que isto pode levar o modelo a indicar decisões erradas.

Ou seja, matematicamente, ao desconsiderar o ciclo de conversão do caixa, o modelo LEC/LEP simplesmente não é afetado por mudanças nos prazos de pagamento, recebimento ou estocagem. Logo:

$$\forall \text{PME}_p, \text{PMR}_p, \text{PMP}_p \Rightarrow \text{LEC}(x_{1,\dots,n}, \text{PME}_p, \text{PMR}_p, \text{PMP}_p) = \text{LEC}(x_{1,\dots,n}, \text{PME}_p, \text{PMR}_p, \text{PMP}_p) \quad (3.5)$$

Neste modelo, onde se busca modelar e maximizar a função lucro de toda a CS, a abordagem do diferencial total mostrada na equação 2.22, discutida na seção 2.11.3, mostram que, se as variáveis devem estar presentes num modelo, é porque seu diferencial parcial em relação ao lucro não é nulo. Assim, fica mais fácil provar que (eq.3.6):

$$\frac{\partial \text{Lucro}_p}{\partial \text{NCG}} \neq 0 \quad (3.6)$$

Logo, temos a proposição:

**Proposição 6.** *Provar que a equação 3.6 é verdadeira, ou seja, o lucro varia de acordo com a necessidade de capital de giro.*

## CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Resultados nos diversos cenários, com demanda constante e nos regimes transiente e permanente

#### 4.1.1. Resultados com demanda constante

As tabelas 12 e 13 mostram a comparação o LT nos diversos cenários e regimes, com a demanda constante. Vê-se que, independentemente do regime, existe uma relação de ordem de acordo com o cenário. Assim, tanto em regime transiente quanto em regime permanente o  $LT_{c=1} > LT_{c=3} > LT_{c=4} > LT_{c=2}$ . Além disto, vê-se também que, em regime permanente a única variação ocorre com os custos financeiros, que aumentam ou diminuem de acordo com os cenários de consignação.

Tabela 12. – DRE nos diversos cenários e regimes.

	Scenario	Regime	Receita_Total	CMV_Total	CF_Total	OC_Total	LT_Total
1	Cenário 1	Transiente	201143890.35	177043847.88	676476.73	1008000.00	22415565.74
2	Cenário 1	Permanente	192914312.50	169799175.00	637303.10	910000.00	21567834.40
3	Cenário 2	Transiente	200673490.35	176630137.38	2041063.92	1008000.00	20994289.05
4	Cenário 2	Permanente	192914312.50	169799175.00	1993210.08	910000.00	20211927.42
5	Cenário 3	Transiente	200730190.35	176679959.88	1565485.32	1008000.00	21476745.15
6	Cenário 3	Permanente	192914312.50	169799175.00	1512889.71	910000.00	20692247.79
7	Cenário 4	Transiente	200259790.35	176266259.88	1684552.08	1008000.00	21300978.39
8	Cenário 4	Permanente	192914312.50	169799175.00	1631946.19	910000.00	20573191.31

Tabela 13. – Comparação do lucro total (LT) da CS por regime e cenário de consignação

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Transiente	22415565.74	20994289.05	21476745.15	21300978.39
Permanente	21567834.40	20211927.42	20692247.79	20573191.31

Tem-se na tabela 14 a DRE de toda a cadeia de suprimentos com demanda constante em regime transiente, isto é, incluindo o início da simulação, quando os pedidos ainda estão sendo processados, pois no dia 0 da simulação não existem estoques, enquanto na tabela 15 encontra-se a DRE da CS no regime permanente,

Diante desta enorme variação no regime transiente, que poderia mascarar ou interferir nos resultados obtidos e nas conclusões, as comparações com os diversos cenários mas com demanda estocástica será feito sempre em regime permanente.

Tabela 14. – DRE da CS em regime transitente e com a demanda constante

	Scenario	Receita_Total	CMV_Total	CF_Total	OC_Total	LT_Total
128001	Cenário 1	201143890.35	177043847.88	676476.73	1008000.00	22415565.74
128003	Cenário 2	200673490.35	176630137.38	2041063.92	1008000.00	20994289.05
128005	Cenário 3	200730190.35	176679959.88	1565485.32	1008000.00	21476745.15
128007	Cenário 4	200259790.35	176266259.88	1684552.08	1008000.00	21300978.39

Tabela 15. – DRE da CS em regime permanente e com a demanda constante

Cenário	1	2	3	4
<b>Fábrica</b>	0	0	1	1
<b>Distribuidor</b>	0	1	0	1
<b>RT</b>	192.914.312,50	192.914.312,50	192.914.312,50	192.914.312,50
<b>CMV_T</b>	169.799.175,00	169.799.175,00	169.799.175,00	169.799.175,00
<b>MC_T</b>	23.115.137,50	23.115.137,50	23.115.137,50	23.115.137,50
<b>DF_T</b>	637.303,10	1.993.210,08	1.512.889,71	1.631.946,19
<b>CF_T</b>	910.000,00	910.000,00	910.000,00	910.000,00
<b>LT</b>	21.567.834,40	20.211.927,42	20.692.247,79	20.573.191,31

#### 4.1.2. Com demanda estocástica em regime permanente

Em virtude do momento do reconhecimento das vendas variar de acordo com o cenário de consignação, a Receita total (RT) varia de acordo com os cenários. Isto fica evidente quando se despreza os dias iniciais da simulação, quando a cadeia de suprimentos está em pleno funcionamento, ou seja, quando já está em regime permanente, como se pode ver na tabela 15.

Estes dados, mesmo oriundos de um “caso patológico”, ou seja, desenhado para mostrar as contradições dos modelos baseados no LEC, per si, já evidenciam que a consignação de estoques nem sempre beneficia quem é o consignante, contrariando, portanto, as conclusões obtidas com modelos que não consideram os aspectos do financiamento do capital de giro.

#### 4.2. Resultado das simulações com demanda estocástica e em regime permanente

Colocando-se a demanda do varejista para variar segundo uma distribuição normal com média 350un e desvio-padrão de 50un, e mudando os parâmetros da simulação entre os quatro cenários, e monitorando-se o lucro total da cadeia, obtiveram-se os seguintes resultados, que podem ser visualizados nas figuras 15,20 e 18:

É importante dizer que o lucro total da cadeia foi calculado para cada conjunto de variáveis de demanda aleatoriamente geradas segundo a distribuição normal, com os parâmetros já descritos. Logo, não faz sentido comparar as distribuições com a técnica ANOVA, como se fossem resultados independentes, por exemplo, já que, para cada conjunto de dados de demanda, o lucro total da cadeia no cenário 1 é sempre superior ao do cenário 3, que é sempre superior ao do

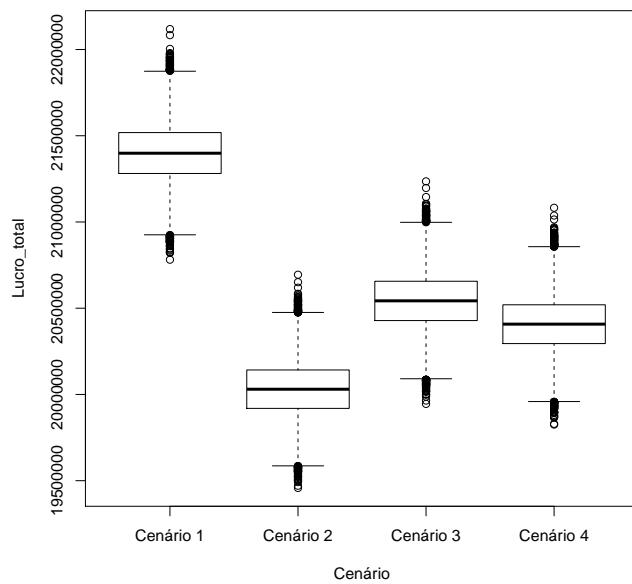


Figura 15. – Boxplots do lucro total (LT) da cadeia de suprimentos (CS), obtido com demanda estocástica nos quatro cenários em regime permanente.

Tabela 16. – Sumário do lucro total (LT) da cadeia de suprimentos (CS), obtido com demanda estocástica nos quatro cenários.

Cenário	Min.	1º.Qu.	Mediana	Média	3º.Qu.	Max.
1	21800000.00	22190000.00	22310000.00	22310000.00	22430000.00	22850000.00
2	20460000.00	20830000.00	20940000.00	20940000.00	21060000.00	21460000.00
3	20970000.00	21340000.00	21460000.00	21460000.00	21570000.00	21960000.00
4	20830000.00	21210000.00	21320000.00	21320000.00	21430000.00	21830000.00

cenário 4 e que, por fim, é sempre superior ao do cenário 2.

Logo, tem-se que  $LT_{c=1} > LT_{c=3} > LT_{c=4} > LT_{c=2}$ .

#### 4.2.1. Consistência dos dados das simulações

Sabe-se, por construção do modelo, que  $LT = RT - CMV - DF - GF$ . Usando uma regressão linear com o modelo  $LT = a * RT + b * CMV + c * DF + d$  sobre todos os dados obtidos, em todos os tratamentos (cenários de consignação, demanda estocástica ou constante e nos regimes permanente e transitório), temos os resultados nas tabelas 21 e 22:

	Receita_Total	CMV_Total	CF_Total	OC_Total	LT_Total
mean	191999433.53	168994075.94	694714.80	910000.00	21400642.79
sd	1493979.13	1314968.24	11728.55	0.00	175832.64
cv	0.01	0.01	0.02	0.00	0.01
skewness	0.03	0.03	0.32		0.03
kurtosis	-0.06	-0.06	0.27		-0.06
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela 17. – Cenário 1 - em regime permanente com demanda estocástica

	Receita_Total	CMV_Total	CF_Total	OC_Total	LT_Total
mean	191833564.30	168848196.18	2043978.80	910000.00	20031389.32
sd	1488906.02	1310506.28	18244.68	0.00	164953.79
cv	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
skewness	0.03	0.03	0.13		0.03
kurtosis	-0.06	-0.06	0.05		-0.06
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela 18. – Cenário 2 - em regime permanente com demanda estocástica

#### 4.2.2. Convergência das simulações para a média

#### 4.2.3. Resultados do cenário 1

Colocando a demanda do varejista, que geram as outras demandas ao longo da cadeia, como sendo contantes e iguais a 350un, ou seja, média da demanda aleatória gerada, tem-se os seguintes resultados.

Vê-se na tabela 23 os resultados com demanda média do varejista constante e igual ao parâmetro da distribuição. É o cenário 1, em que não há consignação.

As demandas médias de produtos acabados da fábrica e distribuidor são iguais à demanda do varejista, como esperado. A demanda das matérias primas 1 e 2, do fornecedor 1 e 2, respectivamente, obedecem à composição de produto, conforme mostrado na tabela dos parâmetros do MRP dos fornecedores, (tabela 7). Se vê que a demanda de produtos acabados na fábrica exige 5 e 6 unidades de matéria prima para cada produto acabado. Logo, a demanda de matéria prima do fornecedor 1 é de  $5 * 350\text{un} = 1.750\text{un}$ , enquanto a demanda do fornecedor 2 é igual a  $6 * 350\text{un} = 2.100\text{un}$ . As diferenças em média das demandas decorrem do amortecimento exponencial praticando pelos elementos da cadeia de suprimentos bem como parte inicial da simulação, pois no início todos precisam comprar, esperar as matérias primas, produzir e entregar para seus clientes, até começar a atender à demanda do varejista, fazendo com que a média fique abaixo do esperado do ponto de vista teórico.

O estoque médio foi feito bem baixo, de modo que se pudesse evidenciar um caso em que a cadeia produtiva estivesse praticando uma produção enxuta, com estoques abaixo de 2 dias de demanda. Quase um sistema JIT.

Vê-se na tabela 24 o dados referentes ao ciclo financeiro no cenário 1 de simulação, com demanda média constante e igual à média que é parâmetro para a distribuição normal. Vê-se que todos têm ciclo financeiro positivo, e, portanto, têm necessidade de capital de giro positiva.

	Receita_Total	CMV_Total	CF_Total	OC_Total	LT_Total
mean	191899447.46	168906128.81	1539503.14	910000.00	20543815.51
sd	1492939.59	1314053.53	13136.16	0.00	168618.97
cv	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
skewness	0.03	0.03	0.09		0.03
kurtosis	-0.06	-0.06	0.02		-0.06
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela 19. – Cenário 3 - em regime permanente com demanda estocástica

	Receita_Total	CMV_Total	CF_Total	OC_Total	LT_Total
mean	191733578.23	168760252.74	1654707.26	910000.00	20408618.23
sd	1488061.32	1309762.89	14207.35	0.00	166843.38
cv	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
skewness	0.03	0.03	0.08		0.03
kurtosis	-0.06	-0.06	-0.01		-0.06
%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabela 20. – Cenário 4 - em regime permanente com demanda estocástica

#### 4.2.4. Resultados do cenário 2

Vê-se nas tabelas 25 e 26 os resultados para uma demanda média constante no cenário 2, em que somente o distribuidor entrega em consignação para o varejista.

A tabela 25 mostra uma pequena redução nas vendas do distribuidor, que vende em consignação para o varejista. Isto ocorre porque a venda somente se concretiza, e a receita somente é contabilizada para o distribuidor, quando o varejista realiza a venda. Ocorre que antes, sem consignação, o faturamento era feito no momento da entrega para o transporte. Estes poucos dias entre a entrega e a venda ocorrida no varejista provoca esta redução de alguns dias de faturamento.

Vê-se na tabela 26 que o ciclo de caixa do distribuidor melhora com a consignação, pois antes ele dava prazo de pagamento e agora recebe assim que o varejista realiza a venda. Isto mostra que os modelos de VMI-CI precisam considerar estas variáveis antes de afirmar que a consignação é sempre vantajosa para o varejista.

#### 4.2.5. Resultados do cenário 3

Vê-se nas tabelas 27 e 28 os resultados para uma demanda média constante no cenário 2, em que somente o distribuidor entrega em consignação para o varejista.

Tabela 21. – Regressão linear de checagem de consistência em regime transiente

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-1008000.0000	0.0000	-885511534458.52	0.0000
Receita_Total	1.0000	0.0000	23960468042.32	0.0000
CMV_Total	-1.0000	0.0000	-21089067403.73	0.0000
CF_Total	-1.0000	0.0000	-38686185763243.75	0.0000

Tabela 22. – Regressão linear de checagem de consistência em regime permanente

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-910000.0000	0.0000	-9713526189928.24	0.0000
Receita_Total	1.0000	0.0000	105136160968.66	0.0000
CMV_Total	-1.0000	0.0000	-92538508480.62	0.0000
CF_Total	-1.0000	0.0000	-543033048743126.69	0.0000

#### 4.2.6. Resultados do cenário 4

A tabela 29 mostra os resultados para o cenário 4, em que tanto a fábrica entrega os produtos em consignação para o distribuidor, quanto este entrega produtos em consignação para o varejista.

A tabela 30 mostra o cálculo do ciclo financeiro para o cenário 4. Vê-se que a NCG da fábrica fica negativa. Isto se deve ao fato de que o tempo de estocagem é baixo (5 dias), e ele tem prazo de pagamento médio de 20 dias. Logo, a consignação, ao fazê-lo receber imediatamente, faz com que ele se financie com capital dos fornecedores. O resultado é pior para o varejista, que no cenário sem consignação tinha um ciclo financeiro melhor. Isto faz com que o varejista tenha que pagar mais pelo capital de terceiros (especialmente, tomar recursos em banco). Em compensação, a fábrica passou a ter ciclo financeiro negativo, o que justifica sua necessidade também negativa de capital de giro.

#### 4.2.7. Sumário dos resultados da cadeia de suprimentos

A tabela 31 mostra o lucro total da cadeia de suprimentos e o custo financeiro total. Neste custo financeiro consta apenas o custo do capital de terceiros oneroso, que são os empréstimos bancários.

Estes resultados mostram que a consignação é pior para a cadeia produtiva como um todo. Isto porque, como já visto, a consignação reduz o ciclo de caixa de quem recebe consignado, pois este agente da SCM passa a ter um prazo, nos cenários simulados, menor, já que deve pagar pelas mercadorias consignadas assim que as vender.

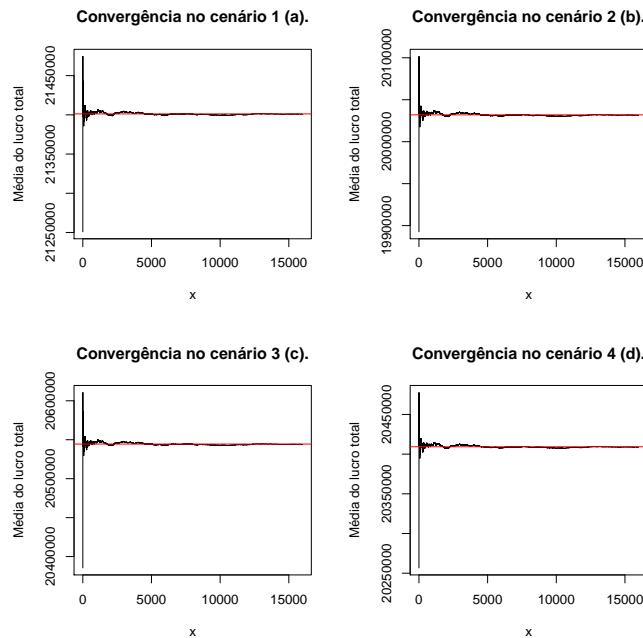


Figura 16. – Convergência à média quando das simulações do LT nos diferentes cenários.

Tabela 23. – Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 1

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Receita com vendas (\$):	10.316.937,95	31.274.121,60	46.562.920,00	52.335.360,00	58.984.815,00	199.474.154,55
CMV (\$):	9.094.637,97	27.560.319,66	40.956.460,80	46.028.248,20	51.934.422,00	175.574.088,63
Margem de contribuição (\$):	1.222.299,98	3.713.801,94	5.606.459,20	6.307.111,80	7.050.393,00	23.900.065,92
Custo financeiro (\$):	26.782,88	357.202,18	412.008,48	12.874,34	12.851,32	821.719,20
Lucro (\$):	1.015.517,10	3.176.599,76	5.014.450,72	6.006.237,46	6.857.541,68	22.070.346,72
Margem sobre receita (%):	11,85	11,88	12,04	12,05	11,95	11,98
Estoque médio (MP + PA) (\$):	219.338,43	886.203,11	1.117.477,25	446.333,46	434.821,33	3.104.173,60
Estoque médio (PA) (\$):	2.335,70	5.880,86	52.258,36	446.333,46	434.821,33	941.629,72
Lucro / Receita (%):	9,843202558	10,15727892	10,769193	11,47644243	11,6259442	11,06426382
Estoque médio produtos (un):	1836	2165	479	475	322	
Demanda média (un):	1738	2086	349	350	350	
Estoque (dias):	1,06	1,04	1,37	1,36	0,92	

### 4.3. Checagem de consistência do modelo

Uma preocupação importante é verificar se o modelo é consistente com aquilo que se propõe, que é modelar o funcionamento de uma cadeia de suprimentos segundo os parâmetros já apresentados.

#### 4.3.1. Checagem dos prazos

Começamos com a tabela 25, que dá os parâmetros de prazos de pagamento, recebimento e estoques no cenário 1.

Analisando o prazo médio de recebimento de todos os componentes da cadeia de suprimentos, e comparando com os prazos estabelecidos nos parâmetros apresentados na tabela 8 (tabela 32) temos que, neste cenário, os dados calculados (PMR) são compatíveis com os parâmetros

Tabela 24. – Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 1

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Fornecedores (\$):	471.757,37	743.622,73	2.264.414,42	3.713.836,34	4.171.813,33	11.365.444,20
Recebíveis (\$):	561.696,38	1.702.718,04	3.713.836,34	4.171.813,33	4.699.925,21	14.849.989,30
NCG (\$):	309.277,45	1.845.298,42	2.566.899,17	904.310,46	962.933,21	6.588.718,71
Giro dos recebíveis:	18,00	18,00	13,00	13,00	13,00	13,00
Giro dos estoques:	41,00	31,00	37,00	103,00	119,00	57,00
Giro dos fornecedores:	19,00	37,00	18,00	12,00	12,00	15,00
PMR (dias):	20	20	29	29	29	27
PME (dias):	9	12	10	3	3	6
PMP (dias):	-19	-10	-20	-29	-29	-23
Ciclo caixa (dias):	10	22	19	3	3	10

Tabela 25. – Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 2

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Receita com vendas (\$):	10.316.937,95	31.274.121,60	46.562.920,00	51.864.960,00	58.984.815,00	199.003.754,55
CMV (\$):	9.094.637,97	27.560.319,66	40.956.460,80	45.683.999,70	51.864.960,00	175.160.378,13
Margem de contribuição (\$):	1.222.299,98	3.713.801,94	5.606.459,20	6.180.960,30	7.119.855,00	23.843.376,42
Custo financeiro (\$):	26.782,88	357.202,18	412.008,48	386,21	1.390.435,66	2.186.815,41
Lucro (\$):	1.015.517,10	3.176.599,76	5.014.450,72	5.892.574,09	5.549.419,34	20.648.561,01
Margem sobre receita (%):	11,85	11,88	12,04	11,92	12,07	11,98
Estoque médio (MP + PA) (\$):	219.338,43	886.203,11	1.117.477,25	829.335,35	0,00	3.052.354,15
Estoque médio (PA) (\$):	2.335,70	5.880,86	52.258,36	446.333,46	0,00	506.808,39
Lucro / Receita (%):	9,84	10,16	10,77	11,36	9,41	10,38
Estoque médio produtos (un):	1.836,00	2.165,00	479,00	475,00	322,00	
Demanda média (un):	1.738,00	2.086,00	349,00	350,00	350,00	
Estoque (dias):	1,06	1,04	1,37	1,36	0,92	

Tabela 26. – Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 2

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Fornecedores (\$):	471.757,37	743.622,73	2.264.414,42	3.713.836,34	,00	7.193.630,86
Recebíveis (\$):	561.696,38	1.702.718,04	3.713.836,34	,00	4.685.064,79	10.663.315,55
NCG (\$):	309.277,45	1.845.298,42	2.566.899,17	-2.757.600,99	4.685.064,79	6.648.938,84
Giro dos recebíveis:	18	18	13	0	13	19
Giro dos estoques:	41	31	37	48	0	55
Giro dos fornecedores:	19	37	18	12	0	24
PMR (dias):	20	20	29	0	29	19
PME (dias):	9	12	10	8	0	7
PMP (dias):	-19	-10	-20	-29	0	-15
Ciclo caixa (dias):	10	22	19	-21	29	11

Tabela 27. – Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 3

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Receita com vendas (\$):	10.316.937,95	31.274.121,60	46.027.080,00	52.335.360,00	58.984.815,00	198.938.314,55
CMV (\$):	9.094.637,97	27.560.319,66	40.486.307,40	46.027.080,00	51.934.422,00	175.102.767,03
Margem de contribuição (\$):	1.222.299,98	3.713.801,94	5.540.772,60	6.308.280,00	7.050.393,00	23.835.547,52
Custo financeiro (\$):	26.782,88	357.202,18	149,55	1.269.706,89	12.851,32	1.666.692,82
Lucro (\$):	1.015.517,10	3.176.599,76	5.360.623,05	4.750.573,11	6.857.541,68	21.160.854,70
Margem sobre receita (%):	11,85	11,88	12,04	12,05	11,95	11,98
Estoque médio (MP + PA) (\$):	219.338,43	886.203,11	1.510.079,45	0,00	434.821,33	3.050.442,33
Estoque médio (PA) (\$):	2.335,70	5.880,86	52.258,36	0,00	434.821,33	495.296,26
Lucro / Receita (%):	9,84	10,16	11,65	9,08	11,63	10,64
Estoque médio produtos (un):	1.836,00	2.165,00	479,00	475,00	322,00	
Demanda média (un):	1.738,00	2.086,00	349,00	350,00	350,00	
Estoque (dias):	1,06	1,04	1,37	1,36	0,92	

Tabela 28. – Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 3

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Fornecedores (\$):	471.757,37	743.622,73	2.264.414,42	0,00	4.171.813,33	7.651.607,86
Recebíveis (\$):	561.696,38	1.702.718,04	0,00	4.171.813,33	4.699.925,21	11.136.152,97
NCG (\$):	309.277,45	1.845.298,42	-754.334,97	4.171.813,33	962.933,21	6.534.987,44
Giro dos recebíveis:	18	18	0	13	13	18
Giro dos estoques:	41	31	27	0	119	57
Giro dos fornecedores:	19	37	18	0	12	23
PMR (dias):	20	20	0	29	29	20
PME (dias):	9	12	13	0	3	6
PMP (dias):	-19	-10	-20	0	-29	-16
Ciclo caixa (dias):	10	22	-7	29	3	10

Tabela 29. – Resultados da simulação com demanda média constante - cenário 4

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Receita com vendas (\$):	10.316.937,95	31.274.121,60	46.027.080,00	51.864.960,00	58.984.815,00	198.467.914,55
CMV (\$):	9.094.637,97	27.560.319,66	40.486.307,40	45.682.842,00	51.864.960,00	174.689.067,03
Margem de contribuição (\$):	1.222.299,98	3.713.801,94	5.540.772,60	6.182.118,00	7.119.855,00	23.778.847,52
Custo financeiro (\$):	26.782,88	357.202,18	149,55	10.440,36	1.390.435,66	1.785.010,63
Lucro (\$):	1.015.517,10	3.176.599,76	5.360.623,05	5.883.677,64	5.549.419,34	20.985.836,89
Margem sobre receita (%):	11,85	11,88	12,04	11,92	12,07	11,98
Estoque médio (MP + PA) (\$):	219.338,43	886.203,11	1.510.079,45	382.992,18	0,00	2.998.613,18
Estoque médio (PA) (\$):	2.335,70	5.880,86	52.258,36	0,00	0,00	60.474,93
Lucro / Receita (%):	9,84	10,16	11,65	11,34	9,41	10,57
Estoque médio produtos (un):	1.836,00	2.165,00	479,00	475,00	322,00	
Demandá média (un):	1.738,00	2.086,00	349,00	350,00	350,00	
Estoque (dias):	1,06	1,04	1,37	1,36	0,92	

Tabela 30. – Ciclo financeiro da simulação com demanda média constante - cenário 4

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Fornecedores (\$):	471.757,37	743.622,73	2.264.414,42	0,00	0,00	3.479.794,52
Recebíveis (\$):	561.696,38	1.702.718,04	0,00	0,00	4.699.925,21	6.964.339,63
NCG (\$):	309.277,45	1.845.298,42	-754.334,97	382.992,18	4.699.925,21	6.483.158,29
Giro dos recebíveis:	18	18	0	0	13	28
Giro dos estoques:	41	31	27	119	0	58
Giro dos fornecedores:	19	37	18	0	0	50
PMR (dias):	20	20	0	0	29	13
PME (dias):	9	12	13	3	0	6
PMP (dias):	-19	-10	-20	0	0	-7
Ciclo caixa (dias):	10	22	-7	3	29	12

Tabela 31. – Tabela de sumário do lucro e custo financeiro total da cadeia

Simulação	Fábrica	Distribuidor	Lucro cadeia	Custo financeiro cadeia
1	0	0	22.070.346,72	821.719,20
2	0	1	20.607.932,62	2.187.232,30
3	1	0	21.103.311,30	1.667.420,72
4	1	1	20.880.202,77	1.793.614,25

Tabela 32. – Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 1

Variável	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Prazo de recebimento (dias):	20	20	30	30	30
PMR (dias):	20	20	29	29	29

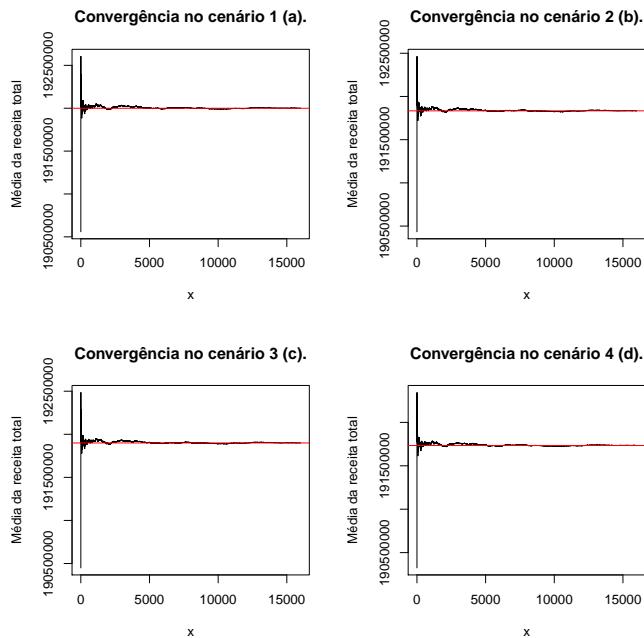


Figura 17. – Convergência à média quando das simulações da RT nos diferentes cenários.

estabelecidos.

No cenário 2, em que o distribuidor envia em consignação para o varejista, o prazo de recebimento do distribuidor fica sendo zero, pois assim que envia, o varejista vende e lhe paga (tabela 33).

Tabela 33. – Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 1

Variável	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Prazo de recebimento (dias):	20	20	30	30	30
PMR (dias):	20	20	29	0	29

Na tabela 34 vemos a comparação entre o parâmetro de prazo de recebimento e o PMR calculado. Vê-se que, neste cenário 3, onde a fábrica envia em consignação para o distribuidor, seu prazo de recebimento fica sendo zero, do mesmo modo que no cenário 2 ocorre com o distribuidor.

Tabela 34. – Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 1

Variável	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Prazo de recebimento (dias):	20	20	30	30	30
PMR (dias):	20	20	0	29	29

Na tabela 34 vemos a comparação entre o parâmetro de prazo de recebimento e o PMR calculado. Vê-se que, neste cenário 3, onde a fábrica envia em consignação para o distribuidor e o distribuidor para o varejista, seus prazos de recebimento ficam sendo iguais a zero, como esperado.

Tabela 35. – Tabela de comparação entre os prazos de recebimento e os PMR calculados no cenário 4

Variável	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista
Prazo de recebimento (dias):	20	20	30	30	30
PMR (dias):	20	20	0	0	29

#### 4.3.2. Checagem das contas fornecedores e das contas clientes

A conta de fornecedores da fábrica é igual à soma das contas a receber (clientes) dos fornecedores 1 e 2. Assim, temos os resultados sintetizados na tabela 36.

Tabela 36. – Tabela de checagem dos contas a pagar e receber dos fornecedores e da fábrica

Simulação	Contas a receber (fornecedor 1)	Contas a receber (fornecedor 2)	Total dos fornecedores	Contas a pagar (fábrica)
1	561.696,38	1.702.718,04	2.264.414,42	2.264.414,42
2	561.696,38	1.702.718,04	2.264.414,42	2.264.414,42
3	561.696,38	1.702.718,04	2.264.414,42	2.264.414,42
4	561.696,38	1.702.718,04	2.264.414,42	2.264.414,42

Na tabela 37 vemos a checagem no cenário 1, em que ninguém envia em consignação.

Tabela 37. – Checagem contas a pagar e receber - cenário 1

Simulação 1		
Fábrica	Distribuidor	Varejista
2.264.414,42	3.713.836,34	4.171.813,33
3.713.836,34	4.171.813,33	4.699.925,21

Na tabela 38 vemos a checagem no cenário 2, em que o distribuidor entrega em consignação para o varejista. Veja que o distribuidor tem contas a receber igual a zero, enquanto o varejista tem contas a pagar igual a zero, como esperado.

Na tabela 39 vemos a checagem no cenário 3, em que a fábrica entrega em consignação para o distribuidor. Veja que a fábrica tem contas a receber igual a zero, enquanto o distribuidor tem contas a pagar igual a zero, como esperado.

Na tabela 40 vemos a checagem no cenário 4, em que tanto a fábrica entrega em consignação para o distribuidor quanto o distribuidor entrega em consignação para o varejista. As contas a pagar e receber estão compatíveis com o esperado.

#### 4.4. Verificação da simulação com o novo modelo

Temos que a equação da função lucro do comprador é dada por:

$$\Pi_B = \text{Vendas}_B - \text{CMV}_B - \frac{i_B}{360} [\text{PMR}_B * \text{Vendas}_B + (\text{PME}_B - \text{PMP}_B) * \text{CMV}_B]. \quad (4.1)$$

A taxa  $i_B$  seria dada em termos anuais, mas está dada em períodos mensais, sendo utilizada pro-rata dia, o termo  $i_B$  fica sendo  $i_B = ((1 + i_{a.m.}/30)^{360} - 1)$ . No caso, para uma taxa de 5% a.m., teríamos  $i_B = 82,1209\%a.a..$

Tabela 38. – Checagem contas a pagar e receber - cenário 2

Simulação 1		
Fábrica	Distribuidor	Varejista
2.264.414,42	3.713.836,34	0,00
3.713.836,34	0,00	4.685.064,79

Tabela 39. – Checagem contas a pagar e receber - cenário 3

Simulação 1		
Fábrica	Distribuidor	Varejista
2.264.414,42	0,00	4.171.813,33
0,00	4.171.813,33	4.699.925,21

Vamos verificar o varejista em duas situações: com e sem receber em consignação. Isto corresponde ao cenário 1 e cenário 2.

No cenário 1, sem consignação, os dados das tabelas 23 e 24 mostram que:

$$\begin{aligned}
 Vendas_B &= 58.984.815,00 \\
 CMV_B &= 51.934.422,00 \\
 PMR_B &= 28,68 \\
 PME_B &= 3,01 \\
 PMP_B &= -28,92.
 \end{aligned} \tag{4.2}$$

Substituindo na equação 2.42, tem-se que:

$$\begin{aligned}
 \Pi_B &= (58.984.815,00 - 51.934.422,00) - 82,1209\% * \\
 &\quad \frac{(28,68 * 58.984.815,00 + (3,01 - 28,92) * 51.934.422,00)}{360} \\
 &= 7.050.393,00 - 82,1209\% * 962.933,21 \\
 &= 7.050.393,00 - 790.769,40 \\
 &= 6.259.623,60.
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

No cenário 2, com o distribuidor enviando em consignação, os dados das tabelas 25 e 26 mostram que:

Substituindo na equação 2.42, tem-se que:

Tabela 40. – Checagem contas a pagar e receber - cenário 4

Simulação 1		
Fábrica	Distribuidor	Varejista
2.264.414,42	0,00	0,00
0,00	0,00	4.699.925,21

$$\begin{aligned}
Vendas_B &= 58.984.815,00 \\
CMV_B &= 51.864.960,00 \\
PMR_B &= 28,68 \\
PME_B &= 0 \\
PMP_B &= 0.
\end{aligned} \tag{4.4}$$

$$\begin{aligned}
\Pi_B &= (58.806.490,00 - 51.864.960,00) - 82,1209\% * \frac{(28,68 * 58.984.815)}{360} \\
&= 7.119.855,00 - 82,1209\% * 4.699.123,60 \\
&= 7.119.855,00 - 3.859.620,78 \\
&= 3.260.234,22.
\end{aligned} \tag{4.5}$$

Portanto, fica claro que nem sempre a consignação é benéfico para quem recebe em consignação, ao contrário do que preconiza a literatura publicada e revisada. Isto depende, dentre outros fatores, dos prazos de pagamento e recebimento antes e depois da consignação, além das taxas de juros do capital próprio.

#### 4.4.1. Checagem do valor gerado considerando o custo do capital de giro

A tabela 41 mostra a checagem feita na geração do valor considerando o custo do capital de giro para o cenário 1, sem consignação.

Vemos que os resultados são idênticos quando calculados das duas formas: usando a equação  $\Pi_B = Vendas_B - CMV_B - i * \overline{NCG}$ , onde  $\overline{NCG} = \{\overline{\text{Estoques}} + \overline{\text{Clientes}} - \overline{\text{Fornecedores}}\}$ , ou se utilizando a fórmula deduzida

$$\Pi_B = Vendas_B - CMV_B - \frac{[PMR_B * Vendas_B + (PME_B - PMP_B) * CMV_B]}{360}.$$

Tabela 41. – Checagem do valor gerado considerando custo do capital de giro - cenário 1

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
NCG (\$):	309.277,45	1.845.298,42	2.566.899,17	904.310,46	962.933,21	6.588.718,71
Juros NCG (\$):	515,46	3.075,50	4.278,17	1.507,18	1.604,89	10.981,20
Custo NCG (\$):	-253.981,42	-1.515.375,63	-2.107.960,65	-742.627,87	-790.769,40	-5.410.714,97
<b>Valor gerado (\$):</b>	<b>968.318,56</b>	<b>2.198.426,31</b>	<b>3.498.498,55</b>	<b>5.564.483,93</b>	<b>6.259.623,60</b>	<b>18.489.350,95</b>
Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Modelo proposto (NCG):	309.277,44	1.845.298,42	2.566.899,17	904.310,45	962.933,21	6.588.718,70
Juros NCG (\$):	82,12%	82,12%	82,12%	82,12%	82,12%	82,12%
Custo NCG (\$):	-253.981,41	-1.515.375,63	-2.107.960,65	-742.627,86	-790.769,40	-5.410.714,95
<b>Valor gerado (\$):</b>	<b>968.318,57</b>	<b>2.198.426,31</b>	<b>3.498.498,55</b>	<b>5.564.483,94</b>	<b>6.259.623,60</b>	<b>18.489.350,97</b>

Além desta checagem, o valor do juros sobre o capital de giro da primeira parte desta tabela 41

foi comparado com o valor médio calculado a cada dia da simulação. Isto garante a consistência das fórmulas deduzidas.

Tabela 42. – Checagem do valor gerado considerando custo do capital de giro - cenário 2

Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
NCG (\$):	309.277,45	1.845.298,42	2.566.899,17	-2.884.500,99	4.699.925,21	6.536.899,26
Juros NCG (\$):	515,46	3.075,50	4.278,17	-4.807,50	7.833,21	10.894,83
Custo NCG (\$):	-253.981,42	-1.515.375,63	-2.107.960,65	2.368.778,11	-3.859.620,78	-5.368.160,37
<b>Valor gerado (\$):</b>	<b>968.318,56</b>	<b>2.198.426,31</b>	<b>3.498.498,55</b>	<b>8.549.738,41</b>	<b>3.260.234,22</b>	<b>18.475.216,05</b>
Variável de saída	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fábrica	Distribuidor	Varejista	Total
Modelo proposto (NCG):	309.277,44	1.845.298,42	2.566.899,17	-2.884.500,99	4.699.925,21	6.536.899,26
Juros NCG (%):	82,12%	82,12%	82,12%	82,12%	82,12%	82,12%
Custo NCG (\$):	-253.981,41	-1.515.375,63	-2.107.960,65	2.368.778,11	-3.859.620,78	-5.368.160,36
<b>Valor gerado (\$):</b>	<b>968.318,57</b>	<b>2.198.426,31</b>	<b>3.498.498,55</b>	<b>8.549.738,41</b>	<b>3.260.234,22</b>	<b>18.475.216,06</b>

## CAPÍTULO 5 - SÍNTSE E CONCLUSÕES

### 5.1. Síntese dos resultados encontrados

Tabela 43. – Modelo ANOVA sem os custos financeiros, em regime permanente, com demanda estocástica.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Receita_Total	1	2391467362264424.50	2391467362264424.50	25686878.54	0.0000
CMV_Total	1	5507951539456356.00	5507951539456356.00	59161201.37	0.0000
Scenario	3	9988993895563178.00	3329664631854392.50	35764105.47	0.0000
Receita_Total:Scenario	3	934857523012.83	311619174337.61	3347.12	0.0000
CMV_Total:Scenario	3	40820496019.90	13606832006.63	146.15	0.0000
Residuals	63988	5957330056197.54	93100738.52		

A tabela 44 mostra que, quando se coloca o modelo completo - com os custos financeiros - a variação do LT é explicada significativamente pelos custos financeiros, que variam entre os cenários.

Tabela 44. – Modelo ANOVA com os custos financeiros, em regime permanente, com demanda estocástica.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Receita_Total	1	2391467362264424.50	2391467362264424.50	70557554787289485820684846426.00	0.0000
CMV_Total	1	5507951539456356.00	5507951539456356.00	162505915256541464192028466688.00	0.0000
CF_Total	1	9995926903638430.00	9995926903638430.00	294918580651415895520428084884.00	0.0000
Scenario	3	0.00	0.00	1.05	0.3692
Receita_Total:Scenario	3	0.00	0.00	1.92	0.1246
CMV_Total:Scenario	3	0.00	0.00	0.71	0.5442
CF_Total:Scenario	3	0.00	0.00	2.76	0.0406
Residuals	63984	0.00	0.00		

A comparação dos resíduos entre os modelos, que é nula no modelo com os custos financeiros, é mostrada na tabela 45. Vê-se que o modelo com os custos financeiros é significativamente diferente e melhor que o modelo sem consignação.

Tabela 45. – Comparação entre os modelos ANOVA com e sem os custos financeiros, em regime permanente, com demanda estocástica.

Res.Df	RSS	Df	Sum of Sq	F	Pr(>F)
1	63984	0.00			
2	63988	-4	5957330056197.54	43941080741754185000662462.00	0.0000

## 5.2. Verificação das proposições

**Prova da proposição 1:** “Dada uma CS hipotética, como a mostrada na seção 3.2.3 deste trabalho, existem diferenças entre os valores das variáveis correspondentes a cada cenário no regime transitivo que deixam de existir no regime permanente.”

Existem variações nas variáveis de saída no regime transitivo provocadas por algumas variáveis incontroláveis, tais como a temporização entre o reconhecimento de receitas de vendas nos diferentes regimes, que somem em regime permanente. Desta forma, a simples inspeção das tabelas da seção 4.1.1 evidencia que a proposição 1 é verdadeira.

□

**Prova da proposição 2:** “Dada uma CS hipotética, como a mostrada na seção 3.2.3 deste trabalho, as variáveis de saída são normalmente distribuídas quando a simulação é feita com demanda normalmente distribuída.”

Os dados permitem afirmar que as variáveis de saída da simulação são normalmente distribuídas, conforme mostram os testes de normalidade e os graficos de comparação entre a sigla em inglês de *probability distribution function* - função densidade de probabilidade (PDF) e o qqPlot dos dados empíricos versus a normal, de mesma média e desvio-padrão mostrados na seção 4.1.2.

□

**Prova da proposição 3:** “Dada a CS hipotética da figura 10, nos quatro cenários distintos, com demanda constante, haverá diferença de ordem entre os lucros dos participantes da cadeia em função da maior ou menor NCG provocado pela consignação e os prazos de reconhecimento e pagamento das despesas e das receitas.”

Ficou claro, a partir dos dados das simulações, que a consignação, quando reduz de algum modo o prazo de pagamento dos fornecedores ou aumenta o prazo de pagamento dos cliente, provoca uma maior necessidade de capital de giro. Como, no início das simulações o caixa é baixo, isto força a tomada de empréstimos, o que evidencia um maior custo. Assim, é evidente que as despesas financeiras são maiores quanto maior for a NCG. Isto fica particularmente claro com a demanda constante e em regime permanente, como mostrado na tabela 15 da seção 4.1.1.

□

**Prova da proposição 4:** “Dada a CS hipotética da figura 10, nos quatro cenários distintos, com demanda normalmente distribuída, haverá diferença de ordem nos lucros dos participantes da cadeia em função da maior ou menor NCG provocado pela consignação e os prazos de reconhecimento e pagamento das despesas e das receitas”

Também neste caso ficou claro, a partir dos dados das simulações, que a consignação, quando reduz de algum modo o prazo de pagamento dos fornecedores ou aumenta o prazo de pagamento dos cliente, provoca uma maior necessidade de capital de giro. Como, no início das simulações o caixa é baixo, isto força a tomada de empréstimos, o que evidencia um maior custo. Assim, é evidente que as despesas financeiras são maiores quanto maior for a NCG. A seção 4.2 mostra claramente isto.  $\square$

**Prova da proposição 5:** “A ordem dos lucros nos diversos cenários é preservada quando se compara os resultados com a demanda constante e com ela posta para variar aleatoriamente.”

As provas das proposições 3 e 4 mostram que, independentemente da demanda ser ou não estocástica, a ordem nos lucros mantem-se a mesma.

$\square$

**Prova da proposição 6:** “Provar que a equação 3.6 é verdadeira, ou seja, o lucro varia de acordo com a necessidade de capital de giro.”

Ficou claro, a partir dos dados das simulações, que, quanto maior NCG, menor é o lucro. Isto, é claro, mantidos os outros parâmetros constantes. Isto porque toda necessidade de capital de giro precisa ser financiada, seja pelo capital próprio seja por capital de terceiros (bancos, fornecedores, etc).

No modelo original do LEC estas variáveis que definem o custo do NCG não são consideradas, como mostrado no modelo de Dong e Xu (2002), cuja função lucro é baseada no LEC, e, por isto, não consegue lidar com possíveis mudanças no ciclo financeiro provocadas pelo regime de consignação.  $\square$

### 5.2.1. Verificação do objetivo específico 1

Identificar, através da revisão da literatura, os aprimoramentos já propostos, as contribuições que já foram feitas ao modelo do LEC, especialmente aquelas que de alguma forma levem em consideração os custos do financiamento do capital de giro empregado no ciclo operacional e financeiro de uma cadeia de suprimentos

A revisão de literatura revelou que há poucos trabalhos versando sobre a análise financeira de cadeias de suprimento, especialmente na consideração dos custos de capital de giro associados aos prazos de pagamento e recebimento bem como do nível médio dos estoques. Os trabalhos existentes, em sua grande maioria, dizem respeito a soluções “ad-hoc” para os modelos LEC/LEP, oferecendo soluções para problemas tais como: itens perecíveis, itens que sofrem obsolescência, crédito mercantil, com descontos de acordo com o prazo, demanda sazonal et cetera.

### **5.2.2. Verificação do objetivo específico 2**

Propor, se for o caso, um modelo novo, que integre a questão financeira à operacional, de forma que seja possível simular as diversas possibilidades de arranjo de uma cadeia de suprimentos genérica.

A análise dos resultados encontrados, à luz da literatura que versa sobre a questão da inclusão do custo de capital no modelo LEC e da análise financeira de curto prazo, nos permite concluir que é necessário aprimorar o modelo LEC para incluir o custo do capital de giro empregado nos estoques, pois restou evidenciado que o mesmo é um custo variável em função da quantidade, bem como dos prazos de entrega, tempo para a venda, et cetera -.

O modelo novo foi proposto na seção 2.11.

### **5.2.3. Verificação do objetivo específico 3**

Simular os diversos cenários de modo a poder comparar a capacidade de explicação dos diversos modelos entre si, considerando a demanda como variável independente, tanto no caso de ela ser constante quanto no caso de ser aleatoriamente distribuída, de mesma média e com um certo desvio-padrão.

As simulações foram feitas e o arquivo de resultados foi tratado no software R, conforme descrito na seção específica da metodologia. Os resultados foram analisados no cap. 4.

### **5.2.4. Verificação do objetivo específico 4**

Verificar a hipótese de que o modelo novo proposto consegue capturar melhor os diversos cenários que o modelo do LEC.

Os resultados mostram claramente a necessidade de se incluir a NCG na função lucro.

## **5.3. Implicações gerenciais**

A grande maioria das empresas ainda utiliza, de alguma forma, o modelo do LEC, pois é este o modelo mais conhecido e ainda é o modelo utilizado como base para modelar a função lucro dos componentes da CS, como vimos na análise do artigo de Dong e Xu (2002) - seção 2.7.1 -, e, por fim, possui muitas variações adaptadas para resolver problemas específicos, como vimos na seção 2.6 da revisão de literatura.

Estas soluções ad-hoc podem se tornar problemáticas, pois um modelo que desconsidera variáveis importantes para o resultado certamente dará, em algumas situações, resultados que levem a decisões equivocadas. É o caso da consignação de estoques, que pelo modelo do LEC, usado por Dong e Xu (2002) e tantos outros, mostra-se sempre mais vantajosa para quem recebe mercadorias em consignação. Tanto do ponto de vista teórico e analítico, através do modelo proposto na seção 2.11, quanto do ponto de vista empírico, a partir da análise dos resultados

das simulações, que o ciclo de conversão das mercadorias em caixa (*cash to cash* - ciclo de conversão em caixa (C2C)) é fundamental para definir a função lucro.

As simulações permitiram evidenciar algumas questões:

- a literatura sobre VMI-CI não leva em consideração os custos do capital de giro, mas tão somente os custos de carregamento dos estoques;
- a limitação do modelo LECLEP, que serviu de base para a função lucro de Dong e Xu (2002), que por sua vez serviu de base para outros estudos (e.g. Gümus, Jewkes e Boobkinder (2008)), faz com que se deixe de considerar variáveis importantes para definir quem ganha e quem perde com a consignação;
- as simulações permitiram comprovar a hipótese de que parte das despesas financeiras das empresas é uma outra parte, mais sutil, que é o custo de oportunidade do capital próprio, deve ser computado na fórmula do lucro como parte do custo de carregamento dos estoques.
- conforme previra Dong e Xu (2002), nem sempre o melhor para um dos componentes da SCM é o melhor para a cadeia como um todo.

## **5.4. Limitações, conclusões e futuras pesquisas**

### **5.4.1. Limitações do trabalho**

Este trabalho apresenta diversas limitações:

- a) é mais uma solução ad-hoc que pode ajudar os gestores a comparar alternativas de prazo de pagamento de mercadorias, mas não apresenta uma correção do modelo de LEC/LEP;
- b) as dificuldades de se separar o custo exclusivo dos estoques, mesmo num esquema experimental razoavelmente simples como este, mostram que (BERANEK, 1967) tinha razão quanto a sua preocupação;
- c) foi feita uma análise apenas do capital circulante;
- d) o consenso sobre qual taxa de juros utilizar para a atualização de cada parcela do capital ainda está longe de ser obtido, e este trabalho em nada acrescenta a esta discussão.

### **5.4.2. Conclusões**

Este trabalho mostra que é importante considerar o custo do capital de giro associado aos estoques de modo a medir com mais exatidão o valor gerado com a produção e comercialização das mercadorias. E o modelo básico do LEC/LEP, com suas múltiplas variações para soluções específicas, ainda é o modelo ensinado nos manuais de administração da produção.

A metodologia de simulações de sistemas dinâmicos utilizada neste trabalho mostrou-se bastante poderosa para lidar com este tipo de problema, onde a variabilidade e não-linearidade dos custos exige o uso de técnicas avançadas de programação dinâmica estocástica.

### **5.4.3. Futuras pesquisas**

É importante que se faça, se já não se fez, um resumo de tudo que já se construiu em torno do modelo de Harris (1990 (reprint from 1913)) e que proponha um modelo generalizado, capaz de lidar com estas questões todas de uma forma mais abrangente e realista.

Concordamos e acreditamos que as considerações de (BERANEK, 1967) continuam válidas, e que é preciso utilizar um método de mensuração de ativos e passivos e de geração da DRE, trazendo todos, fluxos e estoques, para um determinado instante, de forma a mensurar de maneira correta o custo do capital no tempo.

Outro aspecto ainda a ser resolvido diz respeito ao uso da técnica do VPL para tentar resolver a questão do valor do capital no tempo. Talvez uma comparação entre os métodos via simulação possa ajudar a elucidar esta questão.

Por outro lado, talvez deva-se apostar em sistemas de modelagem cada vez mais sofisticados de forma a produzir programas de computador de apoio à tomada de decisão, de forma a ajudar os gestores a tomar decisões que normalmente envolvem fluxos-de-caixa futuros, financamentos, falta ou sobra de estoques, obsolescência, et cetera.

## REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, S.; SENGUPTA, R. N.; SHANKER, K. Impact of information sharing and lead time on bullwhip effect and on-hand inventory. **European Journal of Operational Research**, v. 192, n. 2, p. 576 – 593, 2009. ISSN 0377-2217.
- ALSTRØM, P.; MADSEN, P. Tracking signals in inventory control systems a simulation study. **International Journal of Production Economics**, v. 45, n. 1-3, p. 293 – 302, 1996.
- AUCAMP, D. C. Technical paper: Separating the cost of capital from the other carrying charges in a discounting formulation of the EOQ problem. **International Journal of Operations & Production Management**, Emerald Group Publishing, Limited, Bradford, United Kingdom, Bradford, v. 7, n. 6, p. 64, 1987.
- AUCAMP, D. C.; KUZDRALL, P. J. Lot sizes for one-time-only sales. **Journal of the Operational Research Society**, v. 37, n. 1, p. 79–86, 1986.
- BERANEK, W. Financial implications of lot-size inventory models. **Management Science**, v. 13, n. 8, p. 401–408, Abril 1967.
- BOURLAND, K.; POWELL, S.; PYKE, D. Exploiting timely demand information to reduce inventories. **European Journal of Operational Research**, v. 92, n. 2, p. 239–253, 1996.
- BRAGLIA, M.; ZAVANELLA, L. Modelling an industrial strategy for inventory management in supply chains: the "consignment stock" case. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 16, p. 3793–3808, 2003.
- BUZACOTT, J. A.; ZHANG, R. Q. Inventory management with asset-based financing. **Management Science**, v. 50, n. 9, p. 1274–1292, 2004. ISSN 00251909.
- CARLSON; MILTENBURG; ROUSSEAU. Economic order quantity and quantity discounts under date-terms supplier credit: A discounted cash flow approach. **Journal of the Operational Research Society**, v. 47, n. 3, p. 384–394, 1996.
- CARLSON, M. L.; ROUSSEAU, J. J. EOQ under date-terms supplier credit. **The Journal of the Operational Research Society**, Palgrave Macmillan, Hounds mills, United Kingdom, Hounds mills, v. 40, n. 5, p. 451–451, 1989.
- CHEN, M.-S.; CHUANG, C.-C. An analysis of light buyer's economic order model under trade credit. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 16, n. 1, p. 23–34, 1999.
- CHOI, H.-G.; MALSTROM, E.; CLASSEN, R. Computer simulation of lot-sizing algorithms in three-stage multi-echelon inventory systems. **Journal of Operations Management**, v. 4, n. 3, p. 259–277, 1984.
- CHUNG, K. H.; KIM, Y. H. Economic analysis of inventory systems: A rejoinder. **The Engineering Economist**, Taylor & Francis Inc., Norcross, United States, Norcross, v. 35, n. 1, p. 75, 1989.

- CHUNG, K.-J.; LIAO, J.-J. The optimal ordering policy of the EOQ model under trade credit depending on the ordering quantity from the dcf approach. **European Journal of Operational Research**, v. 196, n. 2, p. 563–568, 2009. ISSN 03772217.
- CHUNG, K. J.; LIN, C. N. Optimal inventory replenishment models for deteriorating items taking account of time discounting. **Computers and Operations Research**, Elsevier Science Ltd, Exeter, United Kingdom, v. 28, n. 1, p. 67–83, 2000.
- CHUNG, K.-J.; LIN, S.-D. The inventory model for trade credit in economic ordering policies of deteriorating items in a supply chain system. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 6, p. 3111–3115, 2011. ISSN 0307904X.
- DAVIS, J. P.; EISENHARDT, K. M.; BINGHAM, C. B. Developing theory through simulations methods. **Academy of Management Review**, v. 32, n. 2, p. 480–499, 2007.
- DISNEY, S.; TOWILL, D. The effect of vendor managed inventory (VMI) dynamics on the bullwhip effect in supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 85, n. 2, p. 199 – 215, 2003. ISSN 0925-5273.
- DONG, Y.; XU, K. A supply chain model of vendor managed inventory. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 38, n. 2, p. 75–95, 2002.
- DYE; OUYANG; HSIEH. Inventory and pricing strategies for deteriorating items with shortages: A discounted cash flow approach. **Computers and Industrial Engineering**, v. 52, n. 1, p. 29–40, 2007.
- EGERAAT, C. van; JACOBSON, D. Geography of production linkages in the irish and scottish microcomputer industry: The role of logistics. **Economic Geography**, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, United Kingdom, Oxford, v. 81, n. 3, p. 283–303, 2005.
- FARAHANI, R. Z.; REZAPOUR, S.; KARDAR, L. (Ed.). **Logistics Operations and Management: Concepts and Models**. London: Elsevier, 2011. (Elsevier Insights).
- FOLLOWILL, R.; DAVE, D. Financial cost inclusive reformulations of inventory lot size models. **Computers and Industrial Engineering**, v. 34, n. 3, p. 589–597, 1998. ISSN 03608352.
- FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Cambrigge, M.A.: MIT press, 1961.
- GOLD, S. C.; PRAY, T. F. Historical review of algorithm development for computerized business simulations. **Simulation & Gaming**, SAGE PUBLICATIONS, INC., Thousand Oaks, United States, Thousand Oaks, v. 32, n. 1, p. 66–84, 2001.
- GOYAL; TENG; CHANG. Optimal ordering policies when the supplier provides a progressive interest scheme. **European Journal of Operational Research**, v. 179, n. 2, p. 404–413, 2007.
- GÜMUS, M.; JEWKES, E. M.; BOOKBINDER, J. H. Impact of consignment inventory and vendor-managed inventory for a two-party supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 113, n. 2, p. 502–517, 2008.
- HARRIS, F. W. How many parts to make at once. **Operations Research**, Shaw, Chacagp, v. 38, n. 6, p. 047–950, Nov. - Dec. 1990 (reprint from 1913).

- HOFMANN, C. Investments in modern production technology and the cash flow-oriented EPQ-model. **International Journal of Production Economics**, v. 54, n. 2, p. 193–206, 1998.
- HOLDREN, D. P.; HOLLINGSHEAD, C. A. Differential pricing of industrial services: The case of inventory financing. **The Journal of Business & Industrial Marketing**, Emerald Group Publishing, Limited, Santa Barbara, United Kingdom, Santa Barbara, v. 14, n. 1, p. 7–16, 1999.
- HOLMSTRÖM, J. et al. Collaborative planning forecasting and replenishment: New solutions needed for mass collaboration. **Supply Chain Management**, v. 7, n. 3, p. 136–145, 2002.
- HOU; LIN. An EOQ model for deteriorating items with price- and stock-dependent selling rates under inflation and time value of money. **International Journal of Systems Science**, v. 37, n. 15, p. 1131–1139, 2006.
- HOU, K.-L.; LIN, L.-C. A cash flow oriented EOQ model with deteriorating items under permissible delay in payments. **Journal of Applied Sciences**, v. 9, n. 9, p. 1791–1794, 2009. ISSN 18125654.
- KAPLAN, A.; FRAZZA, S. Empirical inventory simulation: A case study. **Decision Sciences**, American Institute for Decision Sciences, Atlanta, United States, Atlanta, v. 14, n. 1, p. 62, 1983.
- KIM, Y. H.; CHUNG, K. H. An integrated evaluation of investment in inventory and credit: A cash flow approach. **Journal of Business Finance & Accounting**, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, United Kingdom, Oxford, v. 17, n. 3, p. 381–381, 1990.
- KRENG, V.; TAN, S.-J. Optimal replenishment decision in an epq model with defective items under supply chain trade credit policy. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 8, p. 9888–9899, 2011. ISSN 09574174.
- KRUPP, J. A. G. Deterministic EOQ in a production environment. **Journal of Purchasing and Materials Management**, Blackwell Publishing Ltd., Tempe, United Kingdom, Tempe, v. 19, n. 2, p. 24–24, 1983.
- MARQUEZ, A. C.; BIANCHI, C.; GUPTA, J. N. Operational and financial effectiveness of e-collaboration tools in supply chain integration. **European Journal of Operational Research**, v. 159, p. 348–363, 2004.
- MATARAZZO, D. C. **Análise financeira de balanços: abordagem básica e gerencial**. 6<sup>a</sup>. ed. [S.I.]: Editora Atlas, 2003. 459 p.
- MATIAS, A. B. (Ed.). **Finanças corporativas de curto prazo: a gestão de valor do capital de giro**. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 286 p.
- MELO, D. D. **grafico-lec.jpg**. 2013. Internet. Disponível em: <<http://www.biinternational.com.br/aluno/danilodoriga/files/2009/06/grafico-lec.jpg>>. Acesso em: 26 mar. 2013.
- PORTEUS, E. L. Stochastic inventory theory. In: HEYMAN, M. S. D. (Ed.). **Handbooks in Operations Research and Management Sciences**. [S.I.]: Elsevier Science Publishers B.V., 1990, (Handbooks in Operations Research and Management Sciences, v. 2). cap. 12.

PROTOPAPPA-SIEKE, M.; SEIFERT, R. W. Interrelating operational and financial performance measurements in inventory control. **European Journal of Operational Research**, v. 204, p. 439–448, 2010.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. V. 2.15.0. Viena, Austria, mar. 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 23.03.2012.

RACHAMADUGU, R. Effect of delayed payments (trade credit) on order quantities. **OR Journal (Journal of the Operational Research Society)**, PALGRAVE MACMILLAN LTD , Hounds Mills, Basingstoke, Hants, RG21 6XS, UK, [URL:<http://www.palgrave.com>], Sch. Bus. Adm., Univ. Michigan, Ann Arbor, MI 48109, USA, v. 40, n. 9, p. 805–813, 1989.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira (corporate finance)**. [S.l.]: Editora Atlas, 2008.

RYU, K. et al. A fractal echelon approach for inventory management in supply chain networks. **International Journal of Production Economics**, n. 0, p. –, 2012. ISSN 0925-5273. Acesso em: 25 mar. 2013.

SARI, K. On the benefits of cpfr and vmi: A comparative simulation study. **International Journal of Production Economics**, v. 113, n. 2, p. 575 – 586, 2008. ISSN 0925-5273.

SARKER, B. R.; KINDI, M. A. Optimal ordering policies in response to a discount offer. **International Journal of Production Economics**, v. 100, n. 2, p. 195–211, 2006.

SHAH, B.; SHAH, N.; SHAH, Y. An eoq model with time dependent deterioration under discounted cash flow approach when supplier credits are linked to order quantity. **Control and Cybernetics**, v. 36, n. 2, p. 405–423, 2007. ISSN 03248569.

SHAH, N. H. Inventory model for deteriorating items and time value of money for a finite time horizon under the permissible delay in payments. **International Journal of Systems Science**, v. 37, n. 1, p. 9–15, 2006.

SINGH; JAIN. On reserve money for an EOQ model in an inflationary environment under supplier credits. **OPSEARCH**, v. 46, n. 3, p. 303–320, 2009.

SINKEY JOSEPH F, J. A pedagogical note on the EOQ model. **The Financial Review**, Eastern Finance Association, Knoxville, United States, Knoxville, v. 18, n. 1, p. 111–111, 1983.

SONI, H.; GOR, A.; SHAH, N. An EOQ model for progressive payment scheme under dcf approach. **Asia-Pacific Journal of Operational Research**, v. 23, n. 4, p. 509–524, 2006. ISSN 02175959.

SPARLING, D. Simulations and supply chains: Strategies for teaching supply chain management. **Supply Chain Management**, Emerald Group Publishing, Limited, Bradford, United Kingdom, Bradford, v. 7, n. 5, p. 334–342, 2002.

SPRAGUE, L. G.; THOMAS, H. Lot-sizing methods in china. **Production and Inventory Management**, American Production & Inventory Control Society, Inc., Washington, United States, Washington, v. 26, n. 2, p. 105–105, 1985.

- TERSINE, R. J.; BARMAN, S. Economic purchasing strategies for temporary price discounts. **European Journal of Operational Research**, v. 80, n. 2, p. 328–343, 1995.
- TERSINE, R. J.; PRICE, R. L. Temporary price discounts and e.o.q. **Journal of Purchasing and Materials Management**, Blackwell Publishing Ltd., Tempe, United Kingdom, Tempe, v. 17, n. 4, p. 23–23, 1981.
- WU, K.-S. Discounted-cash-flow EOQ model for a deteriorating item. **International Journal of Information and Management Sciences**, v. 13, n. 4, p. 55–67, 2002. ISSN 10171819.
- YANG, G. K. et al. Approximation solution for the inventory model with random planning horizon. **Engineering Economist**, v. 49, n. 4, p. 351–362, 2004.
- ZAVANELLA, L.; ZANONI, S. A one-vendor multi-buyer integrated production-inventory model: The "consignment stock" case. **International Journal of Production Economics**, v. 118, n. 1, p. 225–232, 2009.
- ZHANG, D.; MATTA, R. d.; LOWE, T. J. Channel coordination in a consignment contract. **European Journal of Operational Research**, v. 207, p. 897–905, 2010.
- ZHONG, Y.-G.; ZHOU, Y.-W. The model and algorithm for determining optimal ordering/trade-credit policy of supply chains. **Applied Mathematics and Computation**, v. 219, n. 8, p. 3809–3825, 2012. ISSN 00963003.

# APÊNDICE A - RESULTADOS DAS OUTRAS VARIÁVEIS DE SAÍDA DA SIMULAÇÃO

## A.1. Histogramas e qqPlots dos resultados das simulações

### A.1.1. Em regime transiente

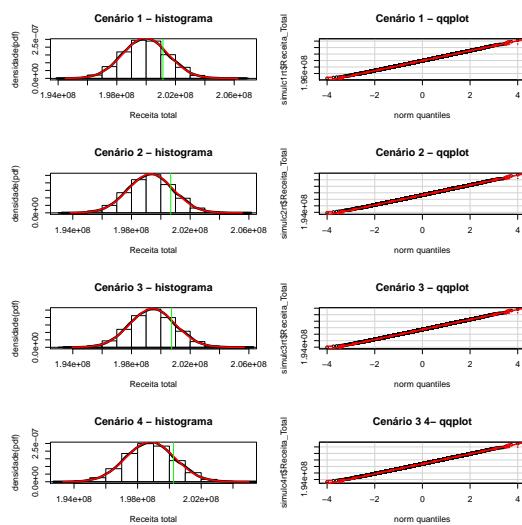


Figura 18. – Histograma e qqplots da RT com demanda estocástica por cenário.

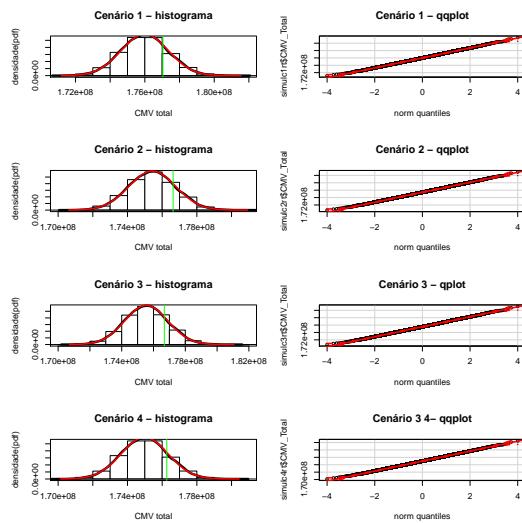


Figura 19. – Histograma e qqplots do CMV total com demanda estocástica por cenário.

### A.1.2. Em regime permanente

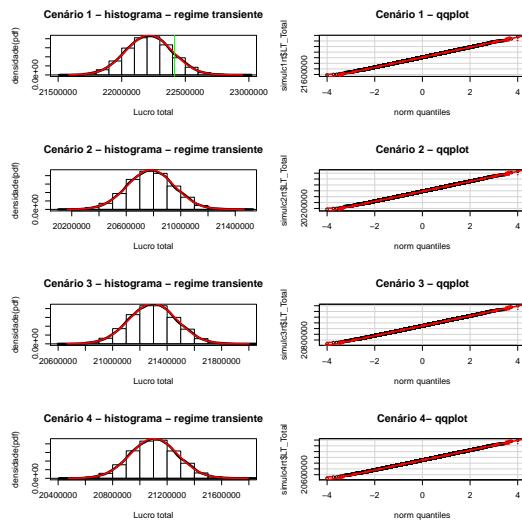


Figura 20. – Histograma e qqplots do LT com demanda estocástica por cenário.

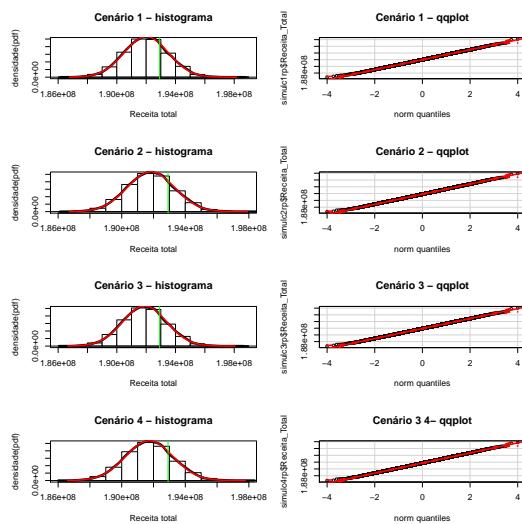


Figura 21. – Histograma e qqplots da RT com demanda estocástica por cenário.

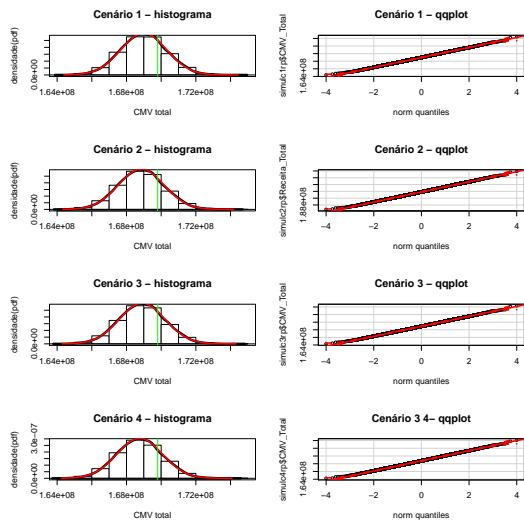


Figura 22. – Histograma e qqplots do CMV total com demanda estocástica por cenário.

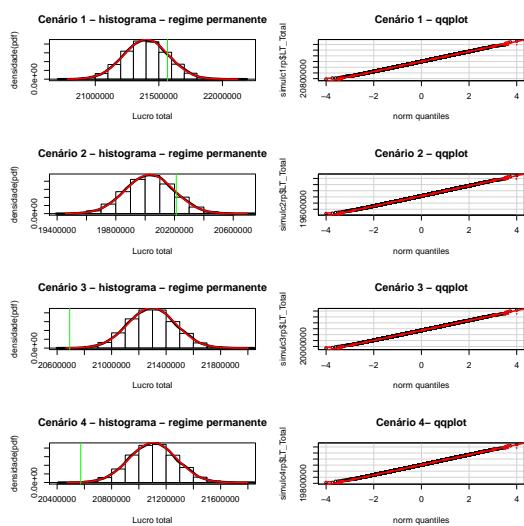


Figura 23. – Histograma e qqplots do LT com demanda estocástica por cenário.

## **APÊNDICE B - ARTIGOS SELECIONADOS REFERENTES AO LEC/LEP E FINANÇAS**

### **B.1. A literatura revisada a respeito de finanças e LEC/LEP, segundo os critérios de filtragem detalhados na metodologia**

---

Kaplan e Frazza (1983)	<i>Empirical inventory simulation: A case study,</i>	<i>An empirical simulation was used to investigate the economics of minimum-buy policies in the U.S. Army management of spare-parts inventory. An empirical simulation makes use of historical data as direct input to the simulation rather than randomly generated data based on a characterization of the historical data. Empirical simulation alleviates the drawbacks of characterizing historical data with a theoretical distribution; however, because steady-state conditions are not reached, a methodological problem arises in the evaluation of inventory assets at the end of the simulation. Our solution was to minimize this problem by use of a cyclic approach.</i>
Aucamp e Kuzdrall (1986)	<i>Lot sizes for one-time-only sales.</i>	<i>The order quantity which minimizes discounted cash flows for a one-time-only sale is determined. Current inventory may be at or exceed the usual reorder point when the sale is consummated. In the latter case, the company may decide to buy nothing, especially if a large minimum order quantity is required in order to obtain the price discount. The same model can also be used to handle the case of an impending price increase. Exact and approximate solutions are presented which recommend the order quantity, the associated cost savings, minimum acceptable percentage price discount and minimum vendor quantity requirements.</i>

Aucamp (1987)	<i>Separating the cost of capital from the other carrying charges in a discounting formulation of the EOQ problem.</i>	<i>The standard EOQ problem is studied from a cash flow point of view. The present value of the stream of cash disbursements is minimised, where the discount rate is the cost of capital, ICAP, rather than the total carrying charge, I. The value of I, which is used in the EOQ formula, contains two terms, ICAP + ?I, where ?I represents the additional carrying costs such as obsolescence, handling, etc. The purpose of this paper is to derive a formula for the errors which accrue when the simpler EOQ approach is used.</i>
Chung e Kim (1989)	<i>Economic analysis of inventory systems: A rejoinder.</i>	<i>Gurnani (1987) argued that research by Kim, Philippatos, and Chung (1986) contains a fundamental error because it assumes an infinite planning horizon in economic order quantity (EOQ) analysis. Gurnani also argued that the difference between the EOQs of the discounted cash flows approach and of the traditional cost minimizing model increases with the discount rate/opportunity cost of capital. It is shown that the difference between the undiscounted EOQ and the discounted optimal order quantity is not only a function of the discount rate, but also of the optimal cycle length. If a slightly different inventory system is considered, it can be shown that the difference between the 2 approaches is not only a function of the discount rate and optimal cycle time, but of the gross profit margin as well. Further clarification of these and other issues raised by Gurnani is provided.</i>
Rachamadugu (1989)	<i>Effect of delayed payments (trade credit) on order quantities</i>	<i>The author addresses the problem of determining the economic order quantity when the vendor permits delay in payment. Some early researchers argued that the best order quantity is invariant with respect to the trade credit. Others argued that the order quantity should increase as the delay in payment increases. The author analyses this problem using the discounted cash-flow approach, and provide clarification on the inconsistencies between these approaches.</i>

- Kim e Chung (1990) *An integrated evaluation of investment in inventory and credit: A cash flow approach* *In view of the interrelationship of inventory and credit decisions, both academicians and practitioners seem to have recognized the need to integrate them. A model is presented for jointly evaluating investment in inventory and accounts receivable based on the same criterion - net present value maximization. It is shown that suboptimal solutions would result if these interrelated working capital components are evaluated separately. A modified square root formula is proposed as a substitute for the traditional equal order quantity (EOQ) formula for proper decision making. The proposed framework is a theoretically correct and conceptually straightforward alternative to both the traditional cost minimization approach to inventory decisions and the isolated analysis of accounts receivable policies.*
- Tersine e Barman (1995) *Economic purchasing strategies for temporary price discounts* *The familiar model for determining the optimal stock replenishment strategy for a temporary price reduction is based on the simple EOQ. This paper extends the logic to a composite EOQ model which can be decomposed into a family of hybrid models with broader operational flexibility. The composite EOQ provides malleability and flexibility to changing operational requirements by disaggregating complexity. It approaches the resourcefulness of an expert system with its attendant economies.*

- Carlson, Miltenburg e Rousseau (1996) *Economic order quantity and quantity discounts under date-terms supplier credit: A discounted cash flow approach*  
 This paper examines economic order quantity and optimal order quantity under both all-units and incremental-quantity discounts when purchase cost, order cost, and carrying cost are all incurred on date-terms supplier credit. Payment dates for the three cost components need not be the same. The traditionally-used periodic-cost minimization methodology which is insensitive to differences in the timing of various within-period cash flows is replaced with a discounted cash flow methodology. Differences in the characteristics of day-terms and date-terms solutions to the quantity discount case are highlighted.
- Followill e Dave (1998) *Financial cost inclusive reformulations of inventory lot size models.*  
 Inventory systems for deterministic demand have been extensively discussed in the literature. Generally, lot size models have been developed to minimize per-period total inventory costs. Financial management theory, however, strongly suggests that the fundamental objective of management is to maximize shareholder wealth. Thus, in theory, inventory policy decisions should be made within a net present value, wealth maximization context. This paper reformulates the uniform replenishing rate inventory model in a present value framework under two cash-flow scenarios. In the first scenario, which is shown to be equivalent to the classical EOQ model, it is demonstrated that the classical EOQ methodology is consistent with the present value reformulation. In the second scenario, which is consistent with the classical uniform replenishing rate model, the present value reformulation recommends substantially higher optimal order quantities than the classical model and provides insight about both the traditional methodology and future uses of the present value methodology.

- Hofmann (1998) *Investments in modern production technology and the cash flow-oriented EPQ-model. International Journal of Production Economics* *In this study, we analyze investments in setup and production processes in the context of the traditional inventory problem. The comparison of the results of a cash flow- and a cost-oriented model suggests the use of the net present value as a decision criterion. The analysis shows that an additional investment which reduces setup cost decreases the optimal capital investment necessary to reduce production cost and vice versa. An investment which increases the production rate, however, may increase or decrease the capital expenditure of an investment in the setup process*
- Chung e Lin (2000) *Optimal inventory replenishment models for deteriorating items taking account of time discounting.* *This paper follows the discounted cash flow (DCF) approach to investigate inventory replenishment problem for deteriorating items taking account of time value of money over a fixed planning horizon. We develop models and optimal solutions with complete backlogging and without backlogging and prove that the total variable cost is convex. The results are discussed through numerical examples. Sensitivity analysis of the optimal solution with respect to the parameters of the system is carried out. Scope and purpose Traditional EOQ inventory models assume that the products have infinite shelf-life and neglect the effect of time discounting. The present paper deals with the inventory replenishment problem for deteriorating items taking account of time discounting. The main purpose of this paper is to establish replenishment models and develop optimal replenishment policies for items having characteristic of deterioration taking account of time value of money.*
- Gold e Pray (2001) *Historical review of algorithm development for computerized business simulations* *This article presents a 25-year historical review of algorithm development for computerized business simulations. The articles selected were drawn extensively from the annual proceedings of the Association for Business Simulation and Experiential Learning (ABSEL) conferences.*

Wu (2002)

*Discounted-cash-flow EOQ model for a deteriorating item*

*In this technical note we discuss a paper of Chung and Lin [19] recently published in *Computers and Operations Research*. They established the model for deteriorating items with constant demand, equal replenishment cycles while taking account of time discounting. In this paper, we extend their inventory lot-size model to allow for a general continuous time-varying demand (which is more general than constant, increasing and decreasing demand patterns). The purposes of this article are two-fold: (1) To inform readers that optimal solutions for a more general model exist. (2) To show that under the assumptions of the Chung and Lin [19], the optimal solution is independent of the form of the demand rate. We have also shown that it gives the global minimum. Finally, a numerical example and its sensitivity analysis for parameters are provided to assess the solution procedure.*

- Buzacott e Zhang (2004) *Inventory management with asset-based financing* *Most of the traditional models in production and inventory control ignore the financial states of an organization and can lead to infeasible practices in real systems. This paper is the first attempt to incorporate asset-based financing into production decisions. Instead of setting a known, exogenously determined budgetary constraint as most existing models suggest, we model the available cash in each period as a function of assets and liabilities that may be updated periodically according to the dynamics of the production activities. Furthermore, our models allow different interest rates on cash balance and outstanding loans, which is an enhancement over most traditional models in that inventory financed by a loan may be more expensive than mat by out-of-pocket cash. We demonstrate the importance of joint consideration of production and financing decisions in a start-up setting in which the ability to grow the firm is mainly constrained by its limited capital and dependence on bank financing. We then explain the motivation for asset-based financing by examining the decision making at a bank and a set of retailers in a newsvendor setting.*
- Yang et al. (2004) *Technical note: Approximation solution for the inventory model with random planning horizon* *In 1993, Moon and Yun [8] developed a finite planning horizon economic order quantity (EOQ) model by using the Discounted Cash Flow approach. Chung and Lin [3] then improved Moon and Yun's solution by introducing a pair of closer lower and upper bounds and bisection algorithm. To avoid the unnecessary and time-consuming numerical computations, we propose a novel approach in this paper to calculate the optimal solution of the same problem by using an accurate and efficient approximation solution directly without any further iterative numerical computations such as the bisection algorithm.*

- Soni, Gor e Shah (2006) *An EOQ model for progressive payment scheme under DCF approach* *An attempt is made to formulate optimal ordering policies for the retailer when the supplier offers progressive credit periods to settle the account. We define progressive credit periods as follows: If the retailer settles the outstanding amount by  $M$ , the supplier does not charge any interest. If the retailer pays after  $M$  but before  $N(M) < N$ , then the supplier charges the retailer on the un-paid balance at the rate  $Ic_1$ . If the retailer settles the account after  $N$ , then he will have to pay an interest rate of  $Ic_2$  ( $Ic_2 < Ic_1$ ). The objective function to be optimized is considered as present value of all future cash-outflows. An algorithm is given to find the flow of optimal ordering policy. Analytic proofs are discussed to study the effect of various parameters on an objective function*
- Hou e Lin (2006) *An EOQ model for deteriorating items with price- and stock dependent selling rates under inflation and time value of money* *This study applies the discounted cash flow (DCF) approach for the analysis of a replenishment problem over a finite planning horizon. Thus, a deterministic economic order quantity (EOQ) inventory model taking into account inflation and time value of money is developed for deteriorating items with price- and stock-dependent selling rates. An efficient solution procedure is presented to determine the optimal number of replenishment, the cycle time and selling price. Then the optimal order quantity and the total present value of profits are obtained. Numerical examples are presented to illustrate the proposed model and particular cases of the model are also discussed.*

Sarker e Kindi (2006)	<i>Optimal ordering policies in response to a discount offer.</i>	<i>Apparel manufacturing industries face seasonal discount scenarios where the demand for a certain material type is increasing at a specific time, such as wool during wintertime. Suppliers offer a price discount per unit during a period in order to increase the cash flow or decrease the inventory of certain items. The buyer (manufacturer, retailer, etc.) must improve his inventory systems in order to get the maximum benefit during that sale period. It is essential to combine the scenario with shortage and the supplier's offer during a sale period. Most researches maximise the total discount gain only during the sale period, not the whole year as in this research. The two important keys in an inventory system are the special ordering quantity and the time to place the order. In this article, the optimal value of the special quantity and the time to order are found for different discount cases. Moreover, the effect of on-hand inventory and shortage level on the size of the special order is investigated. A sensitivity analysis is conducted to test the performance of the case when the buyer cannot order the optimal special quantity. Finally, a numerical analysis is used to demonstrate the impact of these factors.</i>
Shah (2006)	<i>Inventory model for deteriorating items and time value of money for a finite time horizon under the permissible delay in payments</i>	<i>In this article, an inventory model is derived by assuming constant rate of deterioration of units in an inventory, time value of money under the conditions of permissible delay in payments. The optimal replenishments and fraction of cycle time are decision variables to minimize the present value of inventory cost over a finite planning horizon. The sensitivity analysis is carried out by a numerical example.</i>

- Shah, Shah e An EOQ model with time dependent deterioration under discounted cash flow approach when supplier credits are linked to order quantity  
 Shah (2007)
- This article deals with an inventory model under a situation in which the supplier offers the purchaser some credit period if the purchaser orders a large quantity. Shortages are not allowed. The effects of the inflation rate on purchase price, ordering price and inventory holding price, time dependent deterioration of units and permissible delay in payment are discussed. A mathematical model is developed when units in inventory are subject to time dependent deterioration under inflation when the supplier offers a permissible delay to the purchaser if the order quantity is greater than or equal to a pre-specified quantity. Optimal solution is obtained and algorithm is given to find the optimal order quantity and replenishment time, which minimizes the total cost of an inventory system in different scenarios. The paper concludes with a numerical example to illustrate the theoretical results and interdependence of parameters is studied for the optimal solutions.
- In this article, we consider an infinite horizon, single product economic order quantity where demand and deterioration rate are continuous and differentiable function of price and time, respectively. In addition, we allow for shortages and completely backlogged. The objective is to find the optimal inventory and pricing strategies maximizing the net present value of total profit over the infinite horizon. For any given selling price, we first prove that the optimal replenishment schedule not only exists but is unique. Next, we show that the total profit per unit time is a concave function of price when the replenishment schedule is given. We then provide a simple algorithm to find the optimal selling price and replenishment schedule for the proposed model. Finally, we use a couple of numerical examples to illustrate the algorithm.
- Dye, Ouyang e Inventory and pricing strategies for deteriorating items with shortages: A discounted cash flow approach  
 Hsieh (2007)

- Goyal, Teng e Chang (2007) *Optimal Ordering Policies When The Supplier Provides A Progressive Interest Scheme* *In fact, most credit card issuers (or home equity banks) frequently offer cardholders (or customers) a teaser interest rate (say,  $I_1$ ), which is significantly lower than the regular interest rate of  $I_2$  (with  $I_2 > I_1$ ) for only 6 months or a year (say,  $M_2$ ) to lure new customers from their competitors. Consequently, the customer faces a progressive interest charge from the bank. If the customer pays the outstanding balance by the grace period (say,  $M_1$  which is generally 25 days), then the bank does not charge any interest. If the outstanding amount is paid after  $M_1$ , but by  $M_2$  (with  $M_2 > M_1$ ), then the bank charges the customer the teaser interest rate of  $I_1$  on the unpaid balance. If the customer pays the outstanding amount after  $M_2$ , then the bank charges the regular interest rate of  $I_2$ . In this paper, we first establish an appropriate EOQ model for a retailer when the bank (or the supplier) offers a progressive interest charge, and then provide an easy-to-use closed-form solution to the problem.*
- Chung e Liao (2009) *The optimal ordering policy of the EOQ model under trade credit depending on the ordering quantity from the DCF approach.* *This paper discusses the optimum order quantity of the EOQ model that is not only dependent on the inventory policy but also on firm's credit policy. Here, the conditions of using a discounted cash-flows (DCF) approach and trade credit depending on the quantity ordered are discussed. We consider that if the order quantity is less than at which the delay in payments is permitted, the payment for the item must be made immediately. Otherwise, the fixed trade credit period is permitted. This paper incorporates all concepts of a discounted cash-flows (DCF) approach, trade credit and the quantity ordered and develops a new inventory model to generalize [Chung, K.H., 1989. Inventory control and trade credit revisited, Journal of the Operational Research Society 40, 495–498].*

- Hou e Lin (2009) A cash flow oriented EOQ model with deteriorating items under permissible delay in payments.
- This study develops an inventory model to determine an optimal ordering policy for deteriorating items with delayed payments permitted by the supplier under inflation and time discounting. This study applies the discounted cash flows approach for problem analysis. Mathematical models have been derived for obtaining the optimal cycle time and optimal payment time for item so that the annual total relevant cost is minimized. The present value of the annual total relevant cost in this inventory system is developed first, then an optimal number of replenishment, cycle time and order quantity are obtained by a solution procedure. Finally, a numerical example is given to illustrate the results.
- Singh e Jain (2009) On reserve money for an EOQ model in an inflationary environment under supplier credits
- We propose to derive a deterministic inventory model for a stock with time-varying deterioration rate with a linear trend in demand over a finite planning horizon in this study. We assume that the supplier offers a credit limit to the retailer during which there is no interest charged. However, the retailer has the reserve capital with him to make the payments at the beginning of the transaction, but he decides to take the benefit of the credit limit. Each cycle has shortages, which have been partially backlogged to suit present day competition in the market. Also, the whole study has been done in an inflationary environment using the Discounted Cash Flow (DCF) approach to impart economic feasibility to the model. Numerical examples have been presented to explain the theory, while sensitivity of the optimal solution of the system has been studied with respect to various system parameters.

- Chung e Lin (2011) *The inventory model for trade credit in economic ordering policies of deteriorating items in a supply chain system* In 1994, professors Jaggi and Aggarwal presented the economic ordering policies of deteriorating items in the presence of trade credit using a discounted cash-flows (DCF) approach. This paper discusses the same problem as that of Jaggi and Aggarwal and indicates that some approximations to the optimal cycle times proposed by Jaggi and Aggarwal are inappropriate sometimes. A theorem is derived out to find the optimal cycle time. With that theorem, a simple algorithm is developed to locate the optimal cycle time.
- Kreng e Tan (2011) *Optimal replenishment decision in an epq model with defective items under supply chain trade credit policy* The traditional inventory of the economic order quantity model assumes perfect items in an ordered lot and an infinite replenishment rate. However, such conditions are rare in actual production environments. Additionally, most studies of this problem have only considered suppliers offering the wholesaler a grace period. In practice, wholesalers often extend a fixed credit period to downstream customers as well. This study therefore proposes a production model for a lot-size inventory system with finite production rate and defective quality under the condition of two-level trade credit policy and the condition that defective items involve both imperfect quality and scrap items. Thus, optimal wholesaler replenishment decisions can be determined for defective items under two-level trade credit policy in the EPQ framework. Four theorems for determining the optimal cycle time and the results in this study can be deduced as a special case of earlier models. Finally, illustrative examples are provided to verify the theoretical results.

Zhong e Zhou (2012)	<i>The model and algorithm for determining optimal ordering/trade credit policy of supply chains</i>	<i>This paper develops a model for determining ordering/trade-credit policy of a supply chain, where one supplier sells a product to a retailer, who faces a deterministic demand, and may offer the retailer two types of trade credit contracts: a “one-part” or a “two-part” contract. We discuss the existence of the optimal solution to the model, and provide a simple algorithm for finding the optimal ordering and trade credit policy of two members. We specify the conditions under which it is beneficial in reducing operational cost for the supplier to offer the two trade credit contracts. Through numerical experiments, we reveal that it is more superior in reducing operational cost for the supplier to offer a two-part credit than to offer a one-part credit, which can be extended to a multi-part credit. The sensitivity analysis is presented at the end of the paper.</i>
---------------------	--	---

Tabela 46. – Tabela de artigos da revisão que dizem respeito aos modelos LEC/LEP e finanças, simultaneamente.

# APÊNDICE C - PROGRAMAS E SOFTWARES UTILIZADOS PARA OBTEÇÃO DOS RESULTADOS NUMÉRICOS

## C.1. Scripts escritos em Excel

Nesta seção estão os scripts (macros) feitos em Excel ®.

```

Sub NumAlea ()
    Dim wsCtrl As Worksheet
    Dim wxRange As Range
    Set wsCtrl = Sheets("SimulCTRL")
    Set wxRange = wsCtrl.Range("NumNormais")
    Dim val As Double
    Dim n As Integer
    n = wxRange.Rows.Count

    For i = 1 To n
        val = wxRange.Cells(i, 1).Value
        Worksheets("Retailer").Range("Demanda").Cells(i, 1).Value =
            val
    Next i
End Sub

Sub NumK(Kapa)
    Dim wsCtrl As Worksheet
    Dim wxRange As Range
    Set wsCtrl = Sheets("SimulCTRL")
    Set wxRange = wsCtrl.Range("NumNormais")
    Dim val As Double
    Dim n As Integer
    n = wxRange.Rows.Count

    For i = 1 To n
        val = Kapa
        Worksheets("Retailer").Range("Demanda").Cells(i, 1).Value =
            val
    Next i
End Sub

Sub Simul()
    Dim cen As Range
    Dim numSimulAt As Long

    Dim n As Long
    Dim numSimul As Long

    n = 0
    numSimul = 4000

```

```

stop1 = False

Dim wsCtrl As Worksheet
Dim wsSimul As Worksheet
On Error Resume Next
Set wsCtrl = Sheets("SimulCTRL")
Set wsSimul = Sheets("Simulao_v_20_0")
On Error GoTo 0
If Not (wsCtrl Is Nothing Or wsSimul Is Nothing) Then
    MsgBox "SimulCTRL e Simulao existem!"
Else
    MsgBox "SimulCTRL no existe!"
End If

On Error GoTo 0

natural = wsCtrl.Cells(1, 9)

If natural > 0 Then
    MsgBox ("Simulao atual = " + Str(natural))
    n = natural
Else
    MsgBox ("Comeando a simulao")
    n = 1
End If

numSimul = wsCtrl.Cells(2, 9)

Set cen = Sheets("Simulao_v_20_0").Range("Cenarios")

Set simucode = Sheets("Parameters")

SimulDialog.Show (0)
DoEvents

ncol = 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Simulation"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Scenario"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Factory"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Dealer"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Regime"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "StochasticDemand"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receita_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receita_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receita_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receita_D"

```

```
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receita_R"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receita_Total"
    ncol = ncol + 1

    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CMV_S1"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CMV_S2"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CMV_F"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CMV_D"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CMV_R"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CMV_Total"
    ncol = ncol + 1

    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CF_S1"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CF_S2"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CF_F"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CF_D"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CF_R"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "CF_Total"
    ncol = ncol + 1

    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "OC_S1"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "OC_S2"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "OC_F"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "OC_D"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "OC_R"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "OC_Total"
    ncol = ncol + 1

    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LT_S1"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LT_S2"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LT_F"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LT_D"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LT_R"
    ncol = ncol + 1
    wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LT_Total"
    ncol = ncol + 1
```

```

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Payables_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Payables_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Payables_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Payables_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Payables_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Payables_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receivables_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receivables_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receivables_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receivables_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receivables_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Receivables_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "STK_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "STK_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "STK_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "STK_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "STK_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "STK_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "WCN_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "WCN_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "WCN_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "WCN_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "WCN_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "WCN_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UN_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UN_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UN_F"
ncol = ncol + 1

```

```

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UN_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UN_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UN_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UM_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UM_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UM_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UM_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UM_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "LS_UM_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TP_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TP_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TP_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TP_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TP_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TP_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TRM_S1"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TRM_S2"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TRM_F"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TRM_D"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TRM_R"
ncol = ncol + 1
wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "TRM_Total"
ncol = ncol + 1

wsSimul.Cells(1, ncol).Value = "Timestamp"
ncol_max = ncol

numSimulAt = cen.Item(n).Value

If (numSimulAt > 0 And numSimulAt < 5) Then

Else
    numSimulAt = 1
End If

```

```

stochastic = 1

While (Not stop1)
    SimulDialog.numSimulAt.Caption = Str(n)
    SimulDialog.numSimul.Caption = Str(numSimul)

    DoEvents

    simucode.Range("SimulationCode").Value = numSimulAt

    If (numSimulAt = 1) Then
        If (stochastic = 1) Then
            Call NumAlea
            DoEvents
        Else
            Call NumK(350)
            DoEvents
        End If
    End If

Application.CalculateFull

For regime = 0 To 1 Step 1

    nline = 2 * n - 1 + regime
    nbaseline = 0
    nline_p_regime = regime * (108 - 66)

    wsSimul.Cells(nline + 1, 1).Value = n
    wsSimul.Cells(nline + 1, 2).Value = simucode.Range("SimulationCode").Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 3).Value = simucode.Range("FactoryCode").Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 4).Value = simucode.Range("DealerCode").Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 5).Value = regime
    wsSimul.Cells(nline + 1, 6).Value = stochastic

    'Receita line = 66
    nbaseline = 66
    wsSimul.Cells(nline + 1, 7).Value = simucode.Cells(nbaseline + nline_p_regime, 2).Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 8).Value = simucode.Cells(nbaseline + nline_p_regime, 3).Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 9).Value = simucode.Cells(nbaseline + nline_p_regime, 4).Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 10).Value = simucode.Cells(nbaseline + nline_p_regime, 5).Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 11).Value = simucode.Cells(nbaseline + nline_p_regime, 6).Value
    wsSimul.Cells(nline + 1, 12).Value = simucode.Cells(nbaseline + nline_p_regime, 7).Value 'Receita Total

    ' CMV line = 67

```

```

nbaseline = 67
wsSimul.Cells(nline + 1, 13).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 14).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 15).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 16).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 17).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 18).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'CMV Total

'CF
nbaseline = 69
wsSimul.Cells(nline + 1, 19).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 20).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 21).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 22).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 23).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 24).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'cf Total

'Custos fixos - overhead costs OC
nbaseline = 70
wsSimul.Cells(nline + 1, 25).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 26).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 27).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 28).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 29).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 30).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'OC Total

'Lucro total
nbaseline = 71
wsSimul.Cells(nline + 1, 31).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 32).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 33).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 34).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 35).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value

```

```

wsSimul.Cells(nline + 1, 36).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'LT Total

'Payables
nbaseline = 82
wsSimul.Cells(nline + 1, 37).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 38).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 39).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 40).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 41).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 42).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'LT Total

'Receivables
nbaseline = 83
wsSimul.Cells(nline + 1, 43).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 44).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 45).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 46).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 47).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 48).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'LT Total

'Mean stocks
nbaseline = 74
wsSimul.Cells(nline + 1, 49).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 50).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 51).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 52).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 53).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 54).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value 'LT Total

'mean daily WCN cost
nbaseline = 95
wsSimul.Cells(nline + 1, 55).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 56).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 57).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value

```

```

wsSimul.Cells(nline + 1, 58).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 59).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 60).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value

'lost sales (un)
nbaseline = 96
wsSimul.Cells(nline + 1, 61).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 62).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 63).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 64).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 65).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 66).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value

'lost sales (UM $)
nbaseline = 97
wsSimul.Cells(nline + 1, 67).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 68).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 69).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 70).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 71).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 72).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value

'transportation costs (P) ($)
nbaseline = 98
wsSimul.Cells(nline + 1, 73).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 74).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 75).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 76).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 77).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 78).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value

'transportation costs (RM) ($)
nbaseline = 99
wsSimul.Cells(nline + 1, 79).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 2).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 80).Value = simucode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 3).Value

```

```

wsSimul.Cells(nline + 1, 81).Value = simuCode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 4).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 82).Value = simuCode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 5).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 83).Value = simuCode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 6).Value
wsSimul.Cells(nline + 1, 84).Value = simuCode.Cells(nbaseline +
    nline_p_regime, 7).Value

wsSimul.Cells(nline + 1, 85).Value = Now

Next regime

numSimulAt = numSimulAt + 1
If (numSimulAt = 5) Then
    numSimulAt = 1
End If

n = n + 1
wsCtrl.Cells(1, 9).Value = n

x = Timer()
Do While x + 0.1 > Timer()
    DoEvents
Loop

If (n > numSimul) Then
    stochastic = 0
    regime = 0
    ' Grava os quatro cenrios com demanda constante
    If (n > (numSimul + 4)) Then
        stopl = True
    End If
End If
Wend

MsgBox ("Saiu do loop")
SimulDialog.Hide
Rem Unload Me

End Sub

```

## C.2. Scripts escritos em R project

Nesta seção está o script escrito em R (R Core Team, 2012) utilizado para fazer a leitura do arquivo CSV (sigla de *comma separated variables*, formato de intercâmbio de dados onde cada linha tem um registro e cada campo do registro é separado do seguinte por uma vírgula) gerado a partir da planilha resultados das simulações feitas no Excel ®.

```

require ("Rcmdr")
require ("stringr")
require ("xtable")
require ("nortest")
require ("fBasics")

```

```

direc = "C:/Users/jamaj/Documents/Documentos/My Latex/Mestrado/PPGAC/
        Dissertao de Mestrado"

#----- Configurao do tipo de
#grafico -----#
grtype <- postscript
exten <- ".ps"
grtype <- pdf
exten <- ".pdf"

#----- Abre o arquivo CSV
-----

simult <-
  read.table(str_c(direc, "/Simulador/SimulaoMontecarlo02_04_2013.csv"),
             header=TRUE, sep=";", na.strings="NA", dec=",", strip.white=TRUE)

#Fatoriza a varivel cenrio
simult$Scenario <- factor(simult$Scenario, labels=c('Cenrio 1','Cenrio 2',
                                                       'Cenrio 3','Cenrio 4'))
#Fatoriza a varivel cenrio
simult$Regime <- factor(simult$Regime, labels=c('Transiente','Permanente'))
#Fatoriza a varivel Stochastic
simult$Stochastic <- factor(simult$Stochastic, labels=c('Constante','
                                                        Estocstica'))

#demanda estocstica
simul <- subset(simult, Stochastic=="Estocstica")
#demanda constante
konstnte <- subset(simult, simult$Stochastic=="Constante")

#regime transiente
simulrt <- subset(simul, Regime=="Transiente")
#regime permanente
simulrp <- subset(simul, Regime=="Permanente")

tab_DC <- konstnte[,c("Scenario","Regime","Receita_Total","CMV_Total","CF
                     _Total","OC_Total","LT_Total")]
rownames(tab_DC) <- NULL
x_tab_DC <- xtable(tab_DC)
print(x_tab_DC, file=str_c(direc, "/simulador/DRE_DC_ptbr", ".tex") ,only.
      contents=TRUE)

#----- Custos fixos = K
#-----#
OC_RT <- 1008000.00
OC_RP <- 910000.00

#----- Lucro total (LT) c/ com
#demanda constante -----#

```

```

LT_C1_RT <- konstnte[1, "LT_Total"]
LT_C2_RT <- konstnte[3, "LT_Total"]
LT_C3_RT <- konstnte[5, "LT_Total"]
LT_C4_RT <- konstnte[7, "LT_Total"]

LT_C1_RP <- konstnte[2, "LT_Total"]
LT_C2_RP <- konstnte[4, "LT_Total"]
LT_C3_RP <- konstnte[6, "LT_Total"]
LT_C4_RP <- konstnte[8, "LT_Total"]

#----- Receita total (RT) c/ com
demanda constante -----
RT_C1_RT <- konstnte[1, "Receita_Total"]
RT_C2_RT <- konstnte[3, "Receita_Total"]
RT_C3_RT <- konstnte[5, "Receita_Total"]
RT_C4_RT <- konstnte[7, "Receita_Total"]

RT_C1_RP <- konstnte[2, "Receita_Total"]
RT_C2_RP <- konstnte[4, "Receita_Total"]
RT_C3_RP <- konstnte[6, "Receita_Total"]
RT_C4_RP <- konstnte[8, "Receita_Total"]

#----- CMV c/ com demanda
constante -----
CMV_C1_RT <- konstnte[1, "CMV_Total"]
CMV_C2_RT <- konstnte[3, "CMV_Total"]
CMV_C3_RT <- konstnte[5, "CMV_Total"]
CMV_C4_RT <- konstnte[7, "CMV_Total"]

CMV_C1_RP <- konstnte[2, "CMV_Total"]
CMV_C2_RP <- konstnte[4, "CMV_Total"]
CMV_C3_RP <- konstnte[6, "CMV_Total"]
CMV_C4_RP <- konstnte[8, "CMV_Total"]

#----- Desp. Financeiras (DF) c/
com demanda constante -----
DF_C1_RT <- konstnte[1, "DF_Total"]
DF_C2_RT <- konstnte[3, "DF_Total"]
DF_C3_RT <- konstnte[5, "DF_Total"]
DF_C4_RT <- konstnte[7, "DF_Total"]

DF_C1_RP <- konstnte[2, "DF_Total"]
DF_C2_RP <- konstnte[4, "DF_Total"]
DF_C3_RP <- konstnte[6, "DF_Total"]
DF_C4_RP <- konstnte[8, "DF_Total"]

# ----- Checagem do resultado ----- #
# LT = RT - CMV- CF - OC

----- em regime transiente ---
LM.RT <- lm(LT_Total ~ Receita_Total + CMV_Total + CF_Total + OC_Total,
  data=simulrt)
summary(LM.RT)
print(xtable(summary(LM.RT)), file=str_c(direc, "/Simulador/tabc_LM_RT_ptbr",
  ".tex"), only.contents=TRUE)

```

```

#---- em regime permanente ---
LM.RP <- lm(LT_Total ~ Receita_Total + CMV_Total + CF_Total + OC_Total,
  data=simulrp)
print(xtable(summary(LM.RP)), file=str_c(direc, "/Simulador/tab_LM_RP_ptbr",
  ".tex"), only.contents=TRUE)

#demanda constante
# Table for Receivables_Total:
tab_DC_RT <- tapply(konstnte$Receivables_Total, list(Regime=konstnte$Regime,
  Scenario=konstnte$Scenario), mean, na.rm=TRUE)

# Table for LT_Total:
tab_DC_LT <- tapply(konstnte$LT_Total, list(Regime=konstnte$Regime,
  Scenario=konstnte$Scenario), mean, na.rm=TRUE)

# Table for WCN_Total:
tab_DC_WCN <- tapply(konstnte$WCN_Total, list(Regime=konstnte$Regime,
  Scenario=konstnte$Scenario), mean, na.rm=TRUE)

#----- regime transiente -----#
#ptbr
dev.new()
boxplot(LT_Total~Scenario, ylab="Lucro_total", xlab="Cenrio",
  data=simulrt)
dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/boxplots_LTPT_ptbr",
  exten))
dev.off()

#en
dev.new()
boxplot(LT_Total~Scenario, ylab="Total Profit", xlab="Scenario",
  data=simulrt)
dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/boxplots_LTPT_en",
  exten))
dev.off()

#----- regime permanente -----#
#ptbr
dev.new()
boxplot(LT_Total~Scenario, ylab="Lucro_total", xlab="Cenrio",
  data=simulrp)
dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/boxplots_LTPT_ptbr",
  exten))
dev.off()

```

```

#en
dev.new()
boxplot(LT_Total~Scenario, ylab="Total Profit", xlab="Scenario",
  data=simulrp)
dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/boxplots_LTRP_en",
  exten))
dev.off()

#----- Separando os diferentes cenrios -----
simulclrt <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 1" & Regime=="Transiente")
simulc2rt <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 2" & Regime=="Transiente")
simulc3rt <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 3" & Regime=="Transiente")
simulc4rt <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 4" & Regime=="Transiente")

simulc1rp <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 1" & Regime=="Permanente")
simulc2rp <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 2" & Regime=="Permanente")
simulc3rp <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 3" & Regime=="Permanente")
simulc4rp <- subset(simul, Scenario=="Cenrio 4" & Regime=="Permanente")

#----- Testes de normalidade -----
jbt_C1_RP_LT <- jarqueberaTest(simulc1rp$LT_Total, title="Teste de
  normalidade JB do lucro total no cenrio 1 em regime permanente")
jbt_C2_RP_LT <- jarqueberaTest(simulc2rp$LT_Total, title="Teste de
  normalidade JB do lucro total no cenrio 2 em regime permanente")
jbt_C3_RP_LT <- jarqueberaTest(simulc3rp$LT_Total, title="Teste de
  normalidade JB do lucro total no cenrio 3 em regime permanente")
jbt_C4_RP_LT <- jarqueberaTest(simulc4rp$LT_Total, title="Teste de
  normalidade JB do lucro total no cenrio 4 em regime permanente")

jbt_C1_RP_RT <- jarqueberaTest(simulc1rp$Receita_Total, title="Teste de
  normalidade JB da receita total no cenrio 1 em regime permanente")
jbt_C2_RP_RT <- jarqueberaTest(simulc2rp$Receita_Total, title="Teste de
  normalidade JB da receita total no cenrio 2 em regime permanente")
jbt_C3_RP_RT <- jarqueberaTest(simulc3rp$Receita_Total, title="Teste de
  normalidade JB da receita total no cenrio 3 em regime permanente")
jbt_C4_RP_RT <- jarqueberaTest(simulc4rp$Receita_Total, title="Teste de
  normalidade JB da receita total no cenrio 4 em regime permanente")

jbt_C1_RP_CMV <- jarqueberaTest(simulc1rp$CMV_Total, title="Teste de
  normalidade JB do CMV total no cenrio 1 em regime permanente")
jbt_C2_RP_CMV <- jarqueberaTest(simulc2rp$CMV_Total, title="Teste de
  normalidade JB do CMV total no cenrio 2 em regime permanente")
jbt_C3_RP_CMV <- jarqueberaTest(simulc3rp$CMV_Total, title="Teste de
  normalidade JB do CMV total no cenrio 3 em regime permanente")
jbt_C4_RP_CMV <- jarqueberaTest(simulc4rp$CMV_Total, title="Teste de
  normalidade JB do CMV total no cenrio 4 em regime permanente")

jbt_C1_RP_LT@test$p.value
jbt_C2_RP_LT@test$p.value

```

```

jbt_C3_RP_LT@test$p.value
jbt_C4_RP_LT@test$p.value

jbt_C1_RP_RT@test$p.value
jbt_C2_RP_RT@test$p.value
jbt_C3_RP_RT@test$p.value
jbt_C4_RP_RT@test$p.value

jbt_C1_RP_CMV@test$p.value
jbt_C2_RP_CMV@test$p.value
jbt_C3_RP_CMV@test$p.value
jbt_C4_RP_CMV@test$p.value

DC_RT <- konstnte[c(1,3,5,7),]
DC_RP <-konstnte[c(2,4,6,8),]

#---- sumrio dos dados ----#
#numSummary(DC_RT[,c("CF_Total", "CMV_Total", "LS UM_Total", "LS UN_Total
", "LT_Total", "OC_Total", "Payables_Total", "Receita_Total", "
Receivables_Total", "STK_Total", "TP_Total", "WCN_Total")], groups=
DC_RT[,"Scenario"], statistics=c("mean", "sd", "cv", "skewness", " "
kurtosis"))

LM.1 <- lm(LT_Total ~ Receita_Total +CMV_Total +OC_Total +CF_Total, data=
subset(simulrp, Scenario=="Cenrio 1"))
print(summary(LM.1))
LM.2 <- lm(LT_Total ~ Receita_Total +CMV_Total +OC_Total +CF_Total, data=
subset(simulrp, Scenario=="Cenrio 2"))
print(summary(LM.2))
LM.3 <- lm(LT_Total ~ Receita_Total +CMV_Total +OC_Total +CF_Total, data=
subset(simulrp, Scenario=="Cenrio 3"))
print(summary(LM.3))
LM.4 <- lm(LT_Total ~ Receita_Total +CMV_Total +OC_Total +CF_Total, data=
subset(simulrp, Scenario=="Cenrio 4"))
print(summary(LM.4))

#demanda constante e regime transiente
$coldRE <- c("Scenario", "Receita_Total", "CMV_Total", "CF_Total", "OC_
Total", "LT_Total", "LS UM_Total", "LS UN_Total", "Payables_Total", " "
Receivables_Total", "STK_Total", "TP_Total", "WCN_Total")
coldRE <- c("Scenario", "Receita_Total", "CMV_Total", "CF_Total", "OC_
Total", "LT_Total")
colsL <- c("Scenario", "Receita_Total", "CMV_Total", "CF_Total", "LT_Total
", "LS UM_Total", "LS UN_Total")

DRE_RT = DC_RT[,coldRE]
DRE_RP = DC_RP[,coldRE]

print(DRE_RT);

ns.latex <- xtable(DRE_RT, caption="Com demanda constante em regime
transiente", label='tab:DRE_RT_DC')

```

```

print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_RT_DC_ptbr",".tex"),only=
      contents=TRUE)

#demanda constante e regime permanente
print(DRE_RP);

ns.latex <- xtable(DRE_RP,caption="Com demanda constante em regime
                     permanente",label='tab:DRE_RP_DC')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_RP_DC_ptbr",".tex"),only=
      contents=TRUE)

#regime transiente
print(ns_t <- numSummary(simulrt[,c("Receita_Total","CMV_Total", "CF_"
  Total","OC_Total","LT_Total")],
  groups=c(simulrt$Scenario), statistics=c("mean", "sd", "cv", "skewness"
  ,
  "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2"));
#transiente
ns.latex <- xtable(ns_t$table[1,,,],caption="Cenrio 1 - em regime
                     transiente com demanda estocstica",label='tab:DRE_C1_RT')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C1_RT_ptbr",".tex"))

ns.latex <- xtable(ns_t$table[2,,,],caption="Cenrio 2 - em regime
                     transiente com demanda estocstica",label='tab:DRE_C2_RT')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C2_RT_ptbr",".tex"))

ns.latex <- xtable(ns_t$table[3,,,],caption="Cenrio 3 - em regime
                     transiente com demanda estocstica",label='tab:DRE_C3_RT')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C3_RT_ptbr",".tex"))

ns.latex <- xtable(ns_t$table[4,,,],caption="Cenrio 4 - em regime
                     transiente com demanda estocstica",label='tab:DRE_C4_RT')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C4_RT_ptbr",".tex"))

#regime permanente
print(ns_p <- numSummary(simulrp[,c("Receita_Total","CMV_Total", "CF_"
  Total","OC_Total","LT_Total")],
  groups=c(simulrp$Scenario), statistics=c("mean", "sd", "cv", "skewness"
  ,
  "kurtosis"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1), type="2"));
#permanente
ns.latex <- xtable(ns_p$table[1,,,],caption="Cenrio 1 - em regime
                     permanente com demanda estocstica",label='tab:DRE_C1_RP')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C1_RP_ptbr",".tex"))

ns.latex <- xtable(ns_p$table[2,,,],caption="Cenrio 2 - em regime
                     permanente com demanda estocstica",label='tab:DRE_C2_RP')
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C2_RP_ptbr",".tex"))

```

```

ns.latex <- xtable(ns_p$table[3,,],caption="Cenrio 3 - em regime
  permanente com demanda estocstica",label="tab:DRE_C3_RP")
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C3_RP_ptbr",".tex"))

ns.latex <- xtable(ns_p$table[4,,],caption="Cenrio 4 - em regime
  permanente com demanda estocstica",label="tab:DRE_C4_RP")
print(ns.latex,file=str_c(direc,"/Simulador/DRE_C4_RP_ptbr",".tex"))

#----- Graficos das variveis de saida das simulaes
-----#
#---- funo xHist - histograma especial ----#
xHist <- function(dat, varname, target=0)
{
  xfit<-seq(min(dat),max(dat),length=40)
  yfit<-dnorm(xfit,mean=mean(dat),sd=sd(dat))

  h<-Hist(dat,col="white",breaks=10,scale="density",xlab=varname, ylab=
    "densidade(pdf)")

  d <- density(dat) # returns the density data
  lines(d,col="black", lwd=3) # plots the results
  lines(xfit, yfit, col="red", lwd=2)
  #yfit <- yfit*diff(h$mid[1:2])*length(dat)
  abline(v=target, col="green")
}

#----- Histogramas e QQplots de Lucro total
-----#
#regime transiente
dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(4, 2))

xHist(simulc1rt$LT_Total, "Lucro total", LT_C1_RT)
title("Cenrio 1 - histograma - regime transiente")
qqPlot(simulc1rt$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 1 - qqplot")

xHist(simulc2rt$LT_Total, "Lucro total", LT_C1_RT)
title("Cenrio 2 - histograma - regime transiente")
qqPlot(simulc2rt$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 2 - qqplot")

xHist(simulc3rt$LT_Total, "Lucro total", LT_C1_RT)
title("Cenrio 3 - histograma - regime transiente")
qqPlot(simulc3rt$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 3 - qqplot")

xHist(simulc4rt$LT_Total, "Lucro total", LT_C1_RT)
title("Cenrio 4 - histograma - regime transiente")
qqPlot(simulc4rt$LT_Total, dist="norm")

```

```

| title("Cenrio 4- qqplot")

| dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/histo_LTPT_ptbr", exten
|   ))
| dev.off()

#regime permanente
dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(4, 2))

xHist(simulc1rp$LT_Total, "Lucro total", LT_C1_RP)
title("Cenrio 1 - histograma - regime permanente")
qqPlot(simulc1rp$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 1 - qqplot")

xHist(simulc2rp$LT_Total, "Lucro total", LT_C2_RP)
title("Cenrio 2 - histograma - regime permanente")
qqPlot(simulc2rp$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 2 - qqplot")

xHist(simulc3rp$LT_Total, "Lucro total", LT_C3_RP)
title("Cenrio 3 - histograma - regime permanente")
qqPlot(simulc3rp$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 3 - qqplot")

xHist(simulc4rp$LT_Total, "Lucro total", LT_C4_RP)
title("Cenrio 4 - histograma - regime permanente")
qqPlot(simulc4rp$LT_Total, dist="norm")
title("Cenrio 4- qqplot")

dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/histo_LTRP_ptbr", exten
|   ))
dev.off()

----- Histogramas e QQplots de Receita_Total
-----#
#em regime transiente
dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(4, 2))

xHist(simulc1rt$Receita_Total, "Receita total", RT_C1_RT)
title("Cenrio 1 - histograma")
qqPlot(simulc1rt$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 1 - qqplot")

xHist(simulc2rt$Receita_Total, "Receita total", RT_C2_RT)
title("Cenrio 2 - histograma")
qqPlot(simulc2rt$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 2 - qqplot")

xHist(simulc3rt$Receita_Total, "Receita total", RT_C3_RT)
title("Cenrio 3 - histograma")
qqPlot(simulc3rt$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 3 - qqplot")

```

```

xHist(simulc4rt$Receita_Total, "Receita total", RT_C4_RT)
title("Cenrio 4 - histograma")
qqPlot(simulc4rt$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 4 - qqplot")

dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/histo_RTRT_ptbr", exten
  ))
dev.off()

#em regime permanente
dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(4, 2))

xHist(simulc1rp$Receita_Total, "Receita total", RT_C1_RP)
title("Cenrio 1 - histograma")
qqPlot(simulc1rp$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 1 - qqplot")

xHist(simulc2rp$Receita_Total, "Receita total", RT_C2_RP)
title("Cenrio 2 - histograma")
qqPlot(simulc2rp$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 2 - qqplot")

xHist(simulc3rp$Receita_Total, "Receita total", RT_C3_RP)
title("Cenrio 3 - histograma")
qqPlot(simulc3rp$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 3 - qqplot")

xHist(simulc4rp$Receita_Total, "Receita total", RT_C4_RP)
title("Cenrio 4 - histograma")
qqPlot(simulc4rp$Receita_Total, dist="norm")
title("Cenrio 4 - qqplot")

dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/histo_RTRP_ptbr", exten
  ))
dev.off()

#----- Histogramas e QQplots de CMV_Total
-----#
#em regime transiente
dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(4, 2))

xHist(simulc1rt$CMV_Total, "CMV total", CMV_C1_RT)
title("Cenrio 1 - histograma")
qqPlot(simulc1rt$CMV_Total, dist="norm")
title("Cenrio 1 - qqplot")

xHist(simulc2rt$CMV_Total, "CMV total", CMV_C2_RT)
title("Cenrio 2 - histograma")
qqPlot(simulc2rt$CMV_Total, dist="norm")
title("Cenrio 2 - qqplot")

```

```

xHist(simulc3rt$CMV_Total, "CMV total", CMV_C3_RT)
("Cenrio 3 - histograma")
qqPlot(simulc3rt$CMV_Total, dist="norm")
("Cenrio 3 - qqplot")

xHist(simulc4rt$CMV_Total, "CMV total", CMV_C4_RT)
("Cenrio 4 - histograma")
qqPlot(simulc4rt$CMV_Total, dist="norm")
("Cenrio 3 4- qqplot")

dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/histo_CMVRT_ptbr",
  exten))
dev.off()

#em regime permanente
dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(4, 2))

xHist(simulc1rp$CMV_Total, "CMV total", CMV_C1_RP)
("Cenrio 1 - histograma")
qqPlot(simulc1rp$CMV_Total, dist="norm")
("Cenrio 1 - qqplot")

xHist(simulc2rp$CMV_Total, "CMV total", CMV_C2_RP)
("Cenrio 2 - histograma")
qqPlot(simulc2rp$Receita_Total, dist="norm")
("Cenrio 2 - qqplot")

xHist(simulc3rp$CMV_Total, "CMV total", CMV_C3_RP)
("Cenrio 3 - histograma")
qqPlot(simulc3rp$CMV_Total, dist="norm")
("Cenrio 3 - qqplot")

xHist(simulc4rp$CMV_Total, "CMV total", CMV_C4_RP)
("Cenrio 4 - histograma")
qqPlot(simulc4rp$CMV_Total, dist="norm")
("Cenrio 3 4- qqplot")

dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/histo_CMVRP_ptbr",
  exten))
dev.off()

#----- Teste de pacote de teste de convergncia
-----#
genYn <- function(n) {
  res <- simul1[n,c("LT_Total")]
  return(res)
}

#check.convergence(2000, 16000, genYn, mode="p")

conv2mean <- function(x, data)

```

```

{
    res <- mean(data[1:x])
    return(res)
}

#----- Graficos de Convergncia da mdia
-----#


#lucrototal
# regime permanente
x<- 1:16000
conv2meanc1rp <- sapply(x,conv2mean,data=simulc1rp$LT_Total)
conv2meanc2rp <- sapply(x,conv2mean,data=simulc2rp$LT_Total)
conv2meanc3rp <- sapply(x,conv2mean,data=simulc3rp$LT_Total)
conv2meanc4rp <- sapply(x,conv2mean,data=simulc4rp$LT_Total)

n <- 6000:16000
print(summary(conv2meanc1rp));
print(summary(conv2meanc2rp));
print(summary(conv2meanc3rp));
print(summary(conv2meanc4rp));

dev.new()
#multiple plots
par(mfrow = c(2, 2))

plot(x,y <- conv2meanc1rp, type="l", ylab="Mdia do lucro total")
title("Convergncia no cenrio 1 (a).")
abline(h = conv2meanc1rp[8000],col="red")
abline(h = LT_C1_RP,col="green")

plot(x,y <- conv2meanc2rp, type="l", ylab="Mdia do lucro total")
title("Convergncia no cenrio 2 (b).")
abline(h = conv2meanc2rp[8000],col="red")
abline(h = LT_C2_RP,col="green")

plot(x,y <- conv2meanc3rp, type="l", ylab="Mdia do lucro total")
title("Convergncia no cenrio 3 (c).")
abline(h = conv2meanc3rp[8000],col="red")
abline(h = LT_C3_RP,col="green")

plot(x,y <- conv2meanc4rp, type="l", ylab="Mdia do lucro total")
title("Convergncia no cenrio 4 (d).")
abline(h = conv2meanc4rp[8000],col="red")
abline(h = LT_C4_RP,col="green")



dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc,"/figures/conv2mean_LTRP_ptbr",
exten))
dev.off()

#receitatotal
dev.new()
x<- 1:16000
conv2mean1 <- lapply(x,conv2mean,data=simulc1rp$Receita_Total)
conv2mean2 <- lapply(x,conv2mean,data=simulc2rp$Receita_Total)

```

```

conv2mean3 <- lapply(x, conv2mean, data=simulc3rp$Receita_Total)
conv2mean4 <- lapply(x, conv2mean, data=simulc4rp$Receita_Total)

x <- 6000:16000
print(summary(simulc1rp$Receita_Total[x]));
print(summary(simulc2rp$Receita_Total[x]));
print(summary(simulc3rp$Receita_Total[x]));
print(summary(simulc4rp$Receita_Total[x]));

#multiple plots
par(mfrow = c(2, 2))
x<- 1:16000
plot(x,y <- conv2mean1, type="l", ylab="Mdia da receita total")
title("Convergncia no cenrio 1 (a).")
abline(h = conv2mean1[16000][[1]][1], col="red")
abline(h = RT_C1_RP,col="green")

plot(x,y <- conv2mean2, type="l", ylab="Mdia da receita total")
title("Convergncia no cenrio 2 (b).")
abline(h = conv2mean2[16000][[1]][1], col="red")
abline(h = RT_C2_RP,col="green")

plot(x,y <- conv2mean3, type="l", ylab="Mdia da receita total")
title("Convergncia no cenrio 3 (c).")
abline(h = conv2mean3[16000][[1]][1], col="red")
abline(h = RT_C2_RP,col="green")

plot(x,y <- conv2mean4, type="l", ylab="Mdia da receita total")
title("Convergncia no cenrio 4 (d).")
abline(h = conv2mean4[16000][[1]][1], col="red")
abline(h = RT_C2_RP,col="green")

dev.copy(device=grtype, file=str_c(direc, "/figures/conv2mean_RTRP_ptbr",
  exten))
dev.off()

#----- Comparao ANOVA
#-----#
ModeloAnovaC <- lm(LT_Total ~ (Receita_Total + CMV_Total + OC_Total+CF_
  Total)*Scenario, data=simulrp)
print(xtable(summary(aov(ModeloAnovaC))),file=str_c(direc, "/Simulador/tab_
  _AnovaC_RP_ptbr", ".tex"),only.contents=TRUE)

ModeloAnovaS <- lm(LT_Total ~ (Receita_Total + CMV_Total + OC_Total)*
  Scenario, data=simulrp)
print(xtable(summary(aov(ModeloAnovaS))),file=str_c(direc, "/Simulador/tab_
  _AnovaS_RP_ptbr", ".tex"),only.contents=TRUE)

print(xtable(anova(ModeloAnovaC,ModeloAnovaS)),file=str_c(direc, "/
  Simulador/tab_CompModelo_RP_ptbr", ".tex"),only.contents=TRUE)

texreg(ModeloAnovaS)

```

```
|| texreg(ModeloAnovaC)
```