

**FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS – FGV/SP**  
**ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO - EAESP**

**ALUNO:** Victor Eiji Shimabukuro

**ORIENTADOR:** Júlio César de Bastos Figueiredo

**Desenvolvimento de um Simulador para Ensino de Ciclo de Vida do Produto:**

Uma abordagem com uso de dinâmica de sistemas e o modelo de Bass

SÃO PAULO – SP

2016

Victor Eiji Shimabukuro

## **Desenvolvimento de um Simulador para Ensino de Ciclo de Vida do Produto:**

Uma abordagem com uso de dinâmica de sistemas e o modelo de Bass

Relatório final apresentado à Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas como requisito para o PIBIC ciclo 2015/2016.

**Campo de conhecimento:** Administração

**Responsável:** prof. Júlio César de Bastos Figueiredo

SÃO PAULO - SP  
2016

### **Resumo**

Este projeto tem como objetivo construir uma simulação computacional para ser utilizada em sala de aula. Espera-se, por meio desta ferramenta, auxiliar o processo de ensino do Ciclo de Vida do Produto e do “Efeito Chicote”.

O modelo referencial desta simulação é a equação da Difusão de Frank Bass (1969) e desdobramentos dela. Para que ela possa ser usada em sala de aula existe a necessidade de se utilizar duas ferramentas computacionais. O Vensim, um programa para construção do racional matemático da simulação e o Forio, uma plataforma WEB que permite a construção de uma interface interativa aos usuários. Além disso, este último fornece uma maneira de facilitar o acesso aos alunos para utilizar os conceitos desenvolvidos neste projeto. Por último, para torna-lo uma ferramenta educacional, desenha-se um caso para aplicar a simulação.

Por meio de entrevistas, foi testada inicialmente a simulação. Desta forma, serão ressaltados

pontos positivos, que devem ser reforçados, e pontos negativos que podem ser corrigidos ou adicionados em eventuais processos de expansão do projeto.

Palavras-chave: Simulação Computacional, Ciclo de Vida do Produto, “Efeito-chicote”, Vensim, Dinâmica de Sistemas, Equação de Frank Bass, Difusão de Produtos.

|  
|  
|

## Índice

### 1. Objetivos do Trabalho

Este projeto tem como objetivo desenvolver uma **simulação computacional** voltada para o ensino de ciclos de difusão de produtos. O modelo será baseado na equação de difusão de

Frank Bass (1969), e em extensões desta equação. Pretende-se criar um instrumento que permita seu uso em sala de aula para o aprendizado de conceitos relacionados ao tema. Para tanto, é necessário transportar a simulação computacional do Vensim – software utilizado para construção dos diagramas de fluxos e estoques que formam o modelo – para uma plataforma online de construção da interface WEB do modelo. Esta fase é necessária para tornar a modelagem computacional mais acessível e intuitiva para o uso do professor e dos alunos em sala de aula. Embora seja possível criar simulações dentro do próprio Vensim, a criação de uma interface gráfica facilita a compreensão do assunto, transformando a experiência de aprendizagem esperada.

## **2. Relevância das Contribuições**

O uso de modelos matemáticos de difusão de novos produtos permite aos pesquisadores a definição de formas mais seguras e objetivas para lidar com suas expectativas relativas a difusão de produtos. Além disso, análises mais estruturadas do processo de difusão, como a que será construída neste projeto, podem evitar, ou pelo menos ajudar a minimizar, problemas no ensino deste tópico (FIGUEIREDO, 2012). Este projeto é importante porque ele utiliza, na construção dos modelos de difusão, modernos métodos matemáticos e computacionais tal como a modelagem por Dinâmica de Sistemas. A aplicação desses métodos tem merecido atenção na literatura e constituem-se hoje em importante tema da agenda de pesquisa em Marketing.

## **3. Fundamentação Teórica**

### **3.1. Difusão de Novos Produtos**

Em geral, o lançamento de novos produtos afeta a vida de todos os indivíduos e comunidades. O mesmo ocorre com as empresas. Para que um novo produto ou tecnologia se torne viável economicamente, é necessário um profundo conhecimento não apenas dos processos de desenvolvimento técnico, mas também de seus estágios de penetração e difusão nos mercados consumidores (ROGERS, 1995). O termo difusão pode ser definido como crescimento do uso ou consumo de um bem ou serviço dentro de determinado grupo social (BROWN,1981; STONEMAN,2002).

— Os modelos de difusão de novos produtos englobam os campos de teorias da comunicação e do comportamento do consumidor, uma vez que focam em canais de comunicação, que são os meios pelos quais a informação sobre os produtos é transmitida nos sistemas sociais e no padrão de comportamento dos consumidores. O principal modelo a

utilizar esta abordagem é o modelo de Frank Bass (1969). O modelo de Bass é um dos modelos matemáticos mais utilizados no estudo da difusão de novos produtos. Sua construção e seu comportamento racional são consistentes com diversos estudos no campo da ciência social, e sua eficácia tem sido extensivamente comprovada ao longo dos anos (WRIGHT e CHARIETT, 1995).

—O modelo de Bass nasce de uma hipótese comportamental. Ele assume que, durante um processo de difusão de um novo produto, dois tipos de consumidores irão determinar a forma como a demanda irá crescer. O primeiro grupo de consumidores corresponde àqueles indivíduos que não recebem influência direta de outros consumidores, mas, podem ser influenciados por outros meios, por exemplo, comunicação de massas. Este primeiro grupo é denominado “inovadores”. O segundo tipo corresponde aos consumidores potenciais que são influenciados pela pressão social do meio e que estão susceptíveis à influência de outros consumidores que já utilizam o produto. Este segundo grupo é denominado “imitadores”.

—Esta hipótese comportamental pode ser descrita por um modelo matemático dada pela Equação 1. Considere  $S(t)$  como sendo o total acumulado no instante  $t$  de consumidores que já adquiriram determinado produto (primeira aquisição), em um mercado de  $m$  consumidores potenciais. No modelo de Bass assume-se que de forma simplificada que a “pressão de adoção” –  $P(t)$ , que corresponde à probabilidade de compra no instante  $t$ , por um consumidor aleatório, é uma função linear de proporção de usuários que já adotaram o produto, ou seja:

—A Equação 1 corresponde à premissa fundamental do modelo de Bass. Se verdadeira, então o parâmetro  $p$  corresponderá à tendência autônoma (intrínseca) do indivíduo em adotar o novo produto, geralmente estimulada pelo processo de comunicação (HORSKY e SIMON, 1983; KALISH e LILIEN, 1986; KALISH 1985). Esse parâmetro é comumente chamado na literatura de “coeficiente de inovação”. Já o parâmetro  $q$  está ligado a uma tendência de adoção motivada pelo chamado “contágio social”.

—Note que o segundo termo da Equação 1 crescerá a medida que a proporção de indivíduos no mercado adotam o produto –  $S(t)/m$  – e este crescimento é proporcional ao parâmetro  $q$ . Ele, portanto, corresponde a força de contágio e recebe o nome na literatura de “coeficiente de imitação”. Uma vez que  $S(t)$  é o total acumulado no instante  $t$  de consumidores que já adquiriram um determinado produto,  $dS(t)/dt$  será a taxa de acréscimo de novos consumidores a cada instante de tempo. Portanto, a proporção de indivíduos no instante

$t - h(t)$  - que adotam o produto, em relação, àqueles que ainda não adotaram no mercado, poderá ser dada por:

onde  $m$  corresponde ao número total de consumidores potenciais no sistema. Combinando a Equação 2 com a Equação 1, e definindo  $U(t) = (m-S(t))$  como sendo o número de consumidores potenciais que ainda restam adquirir o produto, obtém-se o modelo de Bass em sua forma diferencial dada pela equação:

A curva  $S(t)$  obtida pela solução da Equação 3 apresenta um padrão de crescimento logístico com saturação em  $S(t) = m$  (Figura 1). Em razão disto,  $m$  também é chamado de “capacidade de carga” do mercado.

### Figura 1 - Representação Genérica de uma Solução da Equação 3

Fonte: FIGUEIREDO, 2012.

—O objetivo deste projeto é descrever, com uso de modelos computacionais, o processo de difusão de um produto. Para alcançar este objetivo será utilizada a equação de Bass – Equação 3 – e as metodologias de Dinâmica de Sistemas que é abordada na próxima Subseção.

## 3.2. Modelagem por Dinâmica de Sistemas

A Dinâmica de Sistemas é uma metodologia que busca estudar as estruturas de sistemas organizacionais ou sociais da representação das relações causais entre seus elementos e por meio do estudo da evolução do sistema no tempo. Tem como objetivo principal elucidar os comportamentos gerais dos sistemas, partindo dos padrões de comportamento entre as partes e das estruturas determinantes destes padrões (FORRESTER, 1961; ROBERTS *et al.*, 1983; PIDD, 1998; STERMAN, 2000).

Por meio de ferramentas e ambientes de simulação, permite ao pesquisador testar diferentes políticas e soluções para operação do sistema, avaliando o impacto de suas decisões. Proporciona, por fim, um conjunto de instrumentos para compreensão e comunicação sobre os modelos da realidade (PIDD, 1998, p. 165). A Dinâmica de Sistemas assume que a análise de uma situação pode ser construída a partir de um ponto de vista externo ao sistema, e que a estrutura e os processos dinâmicos podem ser recriados em diagramas com simbologia específica e modelagem matemática apropriada.

Em Dinâmica de Sistemas a ideia fundamental é que o comportamento dinâmico de um sistema obedece a um princípio chamado “Princípio da Acumulação”. Este princípio postula que a resposta dinâmica de um sistema decorre da transição dos valores dos recursos acumulados em estoques e que essas transições são controladas por fluxos de entrada e saída de recursos nos estoques. Em outras palavras, o comportamento dinâmico surge quando algo flui por algum meio, se acumulando (ou escoando) de alguma forma. Esse princípio leva a uma forma particular de representação causal conhecida por Diagramas de Estoque e Fluxo (STERMAN, 2000, p. 191).

Nesses diagramas, os estoques são representados graficamente por retângulos, que são caixas nas quais se acumulam algum recurso no sistema. Os estoques são variáveis cujo valor depende dos fluxos. Os fluxos são representados por setas de traço duplo que são cortadas por um triângulo. Os fluxos representam o transporte dos recursos dentro do sistema. Os fluxos são vazões que são controlados por equações e, por isto, são representados por um ícone parecido com um cano de uma torneira. A Figura 2 mostra a representação básica de um estoque controlado por um fluxo de Dinâmica de Sistemas ( a nuvem em uma das pontas da seta representa uma fonte de fluxo).

**Figura 2 - Estoque (B) controlado por um fluxo (F)**



Fonte: FIGUEIREDO, 2009.

— Na Figura 2, o valor do estoque B é controlado pelo fluxo F. Esse controle pode ser expresso através de uma equação que representa a transição do valor de B no tempo  $t$  para o tempo  $t + dt$ . Essa transição é dada pela Equação 4:

— Em geral, o intervalo de tempo é feito igual a 1 (uma) unidade de tempo. Esta unidade de tempo é o que comandará todo o processo de simulação computacional do modelo, isto é, os estados do sistema serão representados discretamente em unidades de tempo. Na modelagem com diagramas de estoques e fluxos, tanto variáveis físicas como de informações podem fluir pelos fluxos se acumulando nos estoques.

— O processo de modelagem em Dinâmica de Sistemas ocorre, em geral, conforme a sequência de atividades exposta na Figura 3. O primeiro passo, a “Descrição do Sistema” refere-se ao estabelecimento de um propósito preciso, que permita manter o processo de modelagem focado no problema em questão.

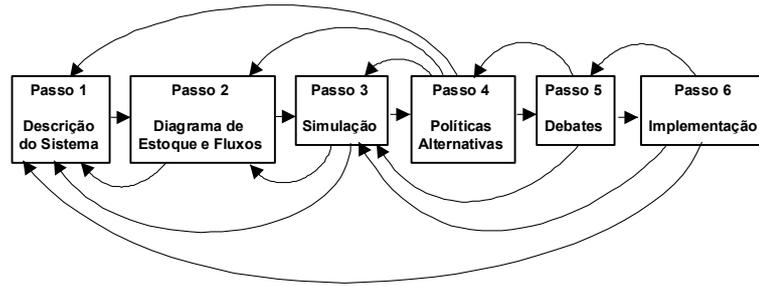
— O segundo passo é o desenvolvimento e representação de hipóteses que se acredita causarem o problema identificado. Nesta etapa são elaborados diagramas de fluxos e estoques e suas interações na forma de *feedback* e, ou, defasagens. Nesta etapa também se estabelece a álgebra do sistema e os valores iniciais de estoque.

— O terceiro passo é a fase de testes de simulação computacional. Esta etapa permite a análise mais profunda das hipóteses preestabelecidas, permitindo a sua reformulação, se necessário.

-

O quarto passo refere-se à análise de sensibilidade, de cenários e de políticas. Esta fase envolve formas de melhorar o desempenho do sistema. No quinto passo, são testados os limites do modelo proposto. Os testes envolvem exclusão de variáveis consideradas não relevantes para o desempenho do modelo. Este processo conduz a novas análises de sensibilidade. O último passo está em tornar o aprendizado possível a partir de sucessivas simulações do modelo elaborado.

### **Figura 3 - Processo de Modelagem por Dinâmica de Sistemas**



Fonte: FORRESTER, 1961.

#### 4. Descrição da Metodologia

O projeto de pesquisa aqui proposto pode ser caracterizado como um estudo aplicado, já que visa gerar conhecimentos e modelos para aplicação em situações práticas. No que se refere ao método analítico, esta proposta pode ser classificada como hipotético-dedutiva, pois o método consistirá na construção de conjecturas ou hipóteses representadas por modelos matemáticos e de simulação. Das hipóteses formuladas, deduzem-se consequências que eventualmente podem ser testadas ou falseadas por meio da comparação do comportamento dos modelos propostos frente à realidade.

A simulação numérica e computacional gera dados que podem ser analisados indutivamente. Ao contrário dos processos típicos de indução, os dados simulados provêm de um conjunto de regras, especificadas rigorosamente, e não da medida direta do mundo real (BERENDS & ROMME, 1999). A metodologia para a construção do modelo será a modelagem por Dinâmica de Sistemas.

#### 4.1. Cronograma de Atividades

Figura 4 - Cronograma de Atividades

ATIVIDADE	MESES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estudo de Modelagem	ETAPA CONCLUÍDA											
Modelagem Computacional com uso de Dinâmica de Sistemas			ETAPA CONCLUÍDA									
Desenho de Interface WEB						ETAPA CONCLUÍDA						
Testes									ETAPA CONCLUÍDA			
Construção Relatório Final											ETAPA CONCLUÍDA	

Com base no cronograma da Figura 4, observa-se que todas as fases foram concluídas com êxito. Os tópicos a seguir detalham as atividades realizadas em cada uma das fases propostas.

## 4.2. Etapas do Processo ~~Concluídas~~

### 4.2.1. Estudo Sobre Modelagem e Simulação

Para que um novo produto se torne economicamente viável em um novo mercado é necessário que se entenda não apenas os processos de desenvolvimento técnico, mas também os estágios típicos de penetração e difusão do produto nos mercados consumidores (FIGUEIREDO, 2012). Pode-se estruturar uma simulação computacional que utilize duas óticas: **marketing (demanda)**, representada pelo modelo de difusão de Frank Bass (1969), detalhado na Subseção 3.1, e **operações (produção)** - representado pelo fluxo de produção de uma empresa, envolvendo variáveis de estoque e força de trabalho.

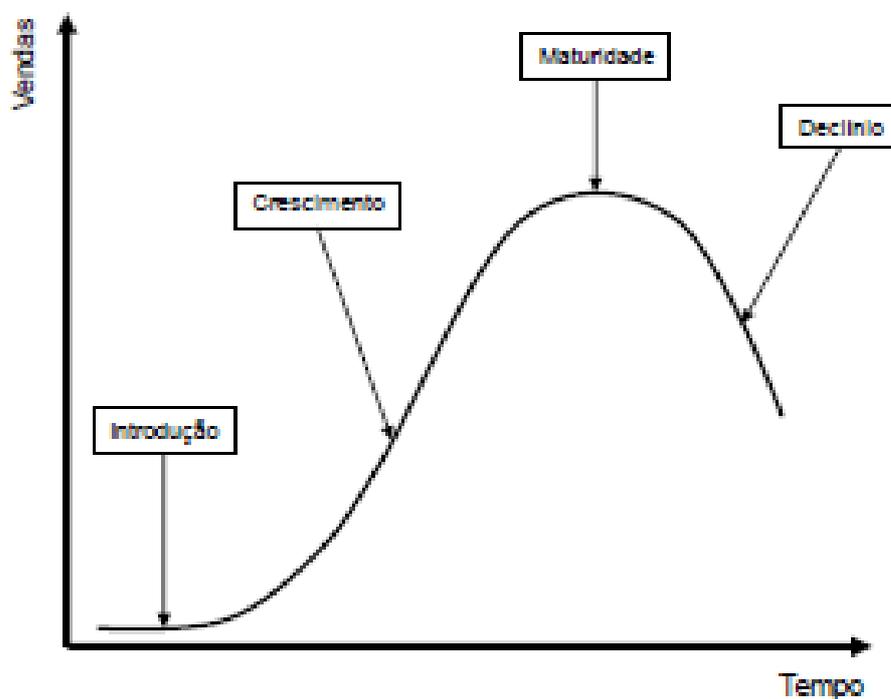
#### 4.2.1.1. Variáveis de Marketing

Rogers(1995) define a difusão como sendo o processo pelo qual uma inovação espalha-se entre os membros de um sistema social. Para Rogers, toda comunicação de uma inovação em um particular sistema social caracteriza um processo de difusão. Para Stoneman (2001) o termo difusão pode ser definido objetivamente como o crescimento do uso ou consumo de um bem ou serviço dentro de um determinado grupo social. Neste contexto, o objetivo de um modelo de difusão é o de descrever o ciclo de vida de um produto. Os modelos de difusão focam no desenvolvimento de uma curva do ciclo de vida e servem o propósito de prever a quantidade de vendas que o novo produto pode alcançar.

O consumo destes produtos não cresce instantaneamente a partir de seu lançamento. As vendas dos produtos tipicamente evoluem nos mercados de acordo com uma curva que

consiste basicamente em quatro estágios (Figura 5): (a) introdução – etapa inicial de pequeno crescimento, (b) crescimento – estágio de acelerada utilização e crescimento do produto, (c) maturidade – etapa marcada por pouco ou nenhum crescimento e (d) declínio – fase em que o produto atinge o declínio devido à obsolescência ou substituição.

**Figura 5 – Estágio Difusão do Produto.** Fonte: FIGUEIREDO, 2012, p.39



Fonte: FIGUEIREDO, 2012, p.39

Tomando como base o modelo de Frank Bass (1969) – o modelo de difusão mais utilizado no estudo de lançamento de novos produtos – constrói-se um modelo que pode ser utilizado para construção de uma simulação computacional. O modelo de Bass nasce de uma hipótese comportamental na qual assume que, durante um processo de difusão do uso de um novo produto, dois tipos de consumidores irão determinar a forma como a demanda irá crescer. O primeiro tipo, chamados “inovadores”, decide adotar tal produto de forma independente, ou seja, não recebem influência de outros consumidores. São motivados por outros meios como, por exemplo, comunicação em massa. O segundo tipo, chamados “imitadores”, recebem influência do meio social e dos outros consumidores que já receberam o produto. Para efeito

da modelagem, tratam-se estas duas tipologias como variáveis referentes ao marketing. Portanto, foram consideradas duas variáveis para esta categoria para representar o efeito da propaganda e divulgação sobre a aceitação do produto e determinação da curva de demanda. A primeira variável é “Efetividade da Propaganda” –  $p$  - e a segunda variável é “Efetividade do Boca a Boca” –  $q$  . As variáveis de marketing são parâmetros e servem para a construção do gráfico de “Vendas” do produto de acordo como o processo de difusão de Frank Bass.

#### 4.2.1.2. Variáveis de Operações

O lado de operações (produção) da empresa é representado no modelo por três variáveis que podem ser controladas a fim de ajustar a quantidade produzida com a quantidade demandada pelos consumidores. Atribui-se a estas três variáveis a categoria de “operacionais”, ligadas à fase operacional de toda empresa. A primeira delas é “Tempo de Ajuste do Estoque”, a segunda é “Tempo de Cobertura de Estoque” e a última é o “Tempo para Ajustar a Força de Trabalho”. A relação entre as variáveis, o processo de produção e estoque, bem como a utilização da força de trabalho fornecem a curva de produção da empresa. A ideia é que os alunos possam manipular estas variáveis para tomada de decisão, evidenciando a necessidade de alinhar o processo produtivo com o estágio de difusão do produto.

A Tabela 1 a seguir é um resumo das variáveis que serão utilizadas na construção da simulação.

**Tabela 1 - Variáveis Seleccionadas para Construção da Simulação**

Variáveis definidas para Marketing	Variáveis definidas para Operações
Efetividade da Propaganda - "p"	Tempo para Ajustar a Força de Trabalho
Efetividade do Boca a Boca - "q"	Tempo para Ajustar o Estoque
	Tempo de Cobertura de Estoque

#### 4.2.1.3. Estrutura da Modelagem e Simulação

— Assim, a partir das duas óticas – marketing /demanda e produção/oferta – desenvolvem-se variáveis que poderão ser usadas em sala de aula como o processo de quantificar e exemplificar como o processo de ciclo de vida do produto ocorre e quais decisões estratégicas podem ser tomadas para alinhar vendas e produção.

— O modelo proposto foi desenvolvido na ferramenta Vensim ([www.vensim.com](http://www.vensim.com)) que é um software comercial utilizado para estudar a evolução dinâmica de sistemas reais. Utiliza a abordagem da Dinâmica de Sistemas para desenvolver, analisar e condicionar modelos dinâmicos baseado em modelagem de estoques e fluxos. Em seguida, transporta-se o modelo

para uma plataforma virtual com objetivo de construir-se uma interface gráfica, assim como descritos nas atividades do cronograma. Nesta etapa, será utilizado o Forio Simulate que é uma plataforma computacional para modelagem e hospedagem de simulações que permite a criação de interfaces interativas e compartilhamento de conhecimento. Atualmente trabalhando no desenvolvimento de uma nova plataforma (Epicenter), a Forio (www.) foi fundada em 2001 e trabalha na criação de softwares que permitam a execução de simulações, exploração de dados e análise preditiva com o objetivo de ligar dados visuais e aprendizagem interativa resultando em um processo de constante transformação e descoberta para estudiosos e desenvolvedores.

#### 4.2.2. Modelagem Computacional com uso de Dinâmica de Sistemas

Definidas as variáveis, desenvolvem-se os modelos computacionais por meio da ferramenta Vensim. Para construir a simulação, o Vensim permite a criação de diferentes tipos de variáveis. Neste projeto, foram utilizadas os seguintes tipos de variáveis, resumidos na Tabela 2 (de acordo com a nomenclatura do software):

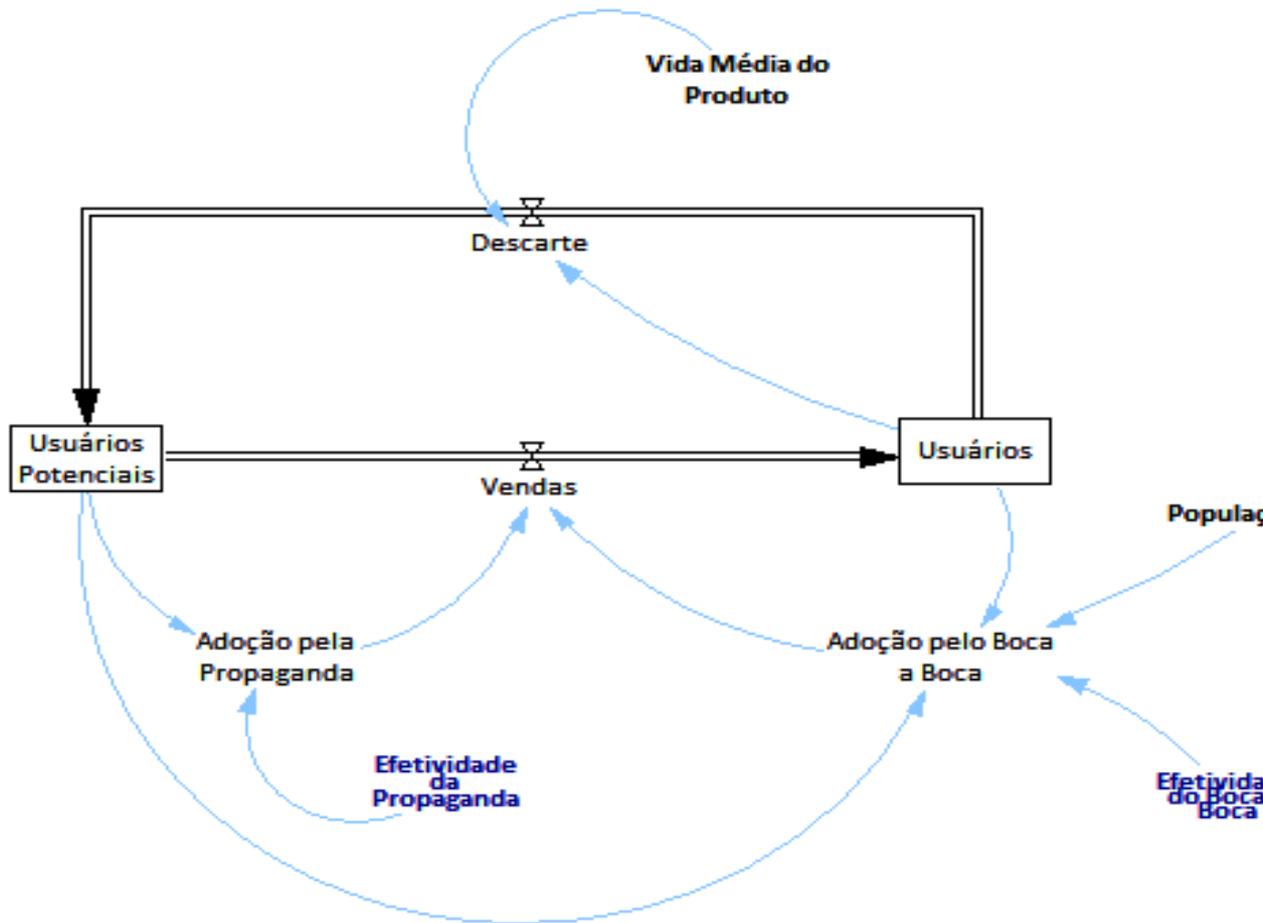
**Tabela 2 - Tipos de Variáveis Utilizadas**

Variável		Função
Em Inglês	Em Português	
Variable	Variável	Cria variáveis constantes, auxiliares ou de dados
Box Variable	Estoque, Variável-Estoque	Cria variáveis que acumulam valores durante a simulação
Rate ou Flow	Fluxo	Criam fluxos ou ligações entre variáveis no diagrama
Shadow	Variável Sombra	Adiciona, a um modelo existente, funções de um outro modelo sem adicionar suas causas
Game	Game	Variável que pode ser controlada pelo usuário da simulação

##### 4.2.2.1. Diagrama do Modelo de Bass – Variáveis de Marketing da Simulação

Para as **variáveis de marketing**, foi construído um diagrama de estoques e fluxos que representa modelo de Bass para explicar o ciclo de vida de um produto (Diagrama 1).

Diagrama 1 - Diagrama de Estoques e Fluxos do “Marketing”



No Diagrama 1, as expressões em azul denotam as variáveis escolhidas para controlar o ciclo de difusão do produto. As variáveis grafadas em negrito representam as constantes na simulação. Definiu-se um valor de 10.000.000 de pessoas para *população total* e de 24 meses para *vida média do produto*. A Tabela 3 contém um resumo das variáveis de marketing, seu tipo, fórmula e unidade de medida.

**Tabela 3 - Resumo Variáveis de Marketing Utilizadas na Construção do Diagrama 1**

Marketing			
Variável	Tipo	Fórmula	Unidade
População Total	Constante	10000000	Unidades
Vida Média do Produto	Constante	24	Meses
Usuários	Estoque	$INTEG = Vendas - Descarte$	Unidades
Usuários Potenciais	Estoque	$INTEG = Descarte - Vendas$	Unidades
Vendas	Variável	Adoção pela Propaganda+Adoção pelo Boca a Boca	Unidades/Mês
Descarte	Variável	$Usuários/Vida Média do Produto$	Unidades/Mês
Adoção pela Propaganda	Variável	$Usuários Potenciais * Efetividade da Propaganda$	Unidades/Mês
Adoção pelo Boca a Boca	Variável	$Efetividade do Boca a Boca * Usuários Potenciais * (Usuários/População Total)$	Unidades/Mês
Efetividade da Propaganda	Game	0,0015 (Pode ser alterada, sob o controle do jogador)	1/Mês
Efetividade do Boca a Boca	Game	0,275 (Pode ser alterada, sob o controle do jogador)	1/Mês

### Usuários Potenciais (Estoque)

Os *usuários potenciais* são inicialmente definidos pela Equação 5 a seguir (No Vensim, o símbolo de integral  $\int$  é representado por INTEG):

que representam todos aqueles membros do contexto social que não utilizam o produto. O valor inicial deste estoque é dado pela Equação 6:

Durante os passos da simulação, a quantidade de *usuários potenciais* aumenta quando a quantidade de *descarte* é superior a das *vendas*.

### Usuários (Estoque)

O número de *usuários* inicialmente é zero e aumenta toda vez que vendas forem superiores ao descarte, diminuindo quando o efeito inverso ocorre. A Equação 7 a seguir define a fórmula para *usuários*:

### Descarte e Vendas (Fluxos)

—As Equações 8a e 8b representam, respectivamente, a fórmula para *descarte* e *vendas*.

### **Adoção pela Propaganda e Adoção pelo Boca a Boca (Variáveis Auxiliares)**

As Equações 9a e 9b representam, respectivamente, a fórmula para *adoção pela propaganda* e *adoção pelo boca a boca*

### **Efetividade da Propaganda e Efetividade do Boca a Boca (Game)**

—As Equações 10a e 10b definem, respectivamente, as variáveis GAME *efetividade da propaganda* e *efetividade de boca a boca*

**(Eq. 10b)**

### **Simulação do Diagrama de Representação do Modelo de Bass**

#### **Relação entre vendas/descarte e as variáveis GAME**

As variáveis do tipo game estão sob o controle do usuário da simulação e afetam o diagrama como um todo e, em especial, a variável *vendas*, que fornecerá o a curva de demanda do produto neste sistema. As Árvores de Causas 1 e 2 abaixo representam, respectivamente, as árvores de causas das variáveis GAME *efetividade da propaganda* e *efetividade do boca a boca* e sua relação com *vendas*.

#### **Árvore de Causa 1 - Relação Efetividade da Propaganda e Vendas**

Efetividade da Propaganda — Adoção pela Propaganda — Vendas

#### **Árvore de Causa 2 - Relação Efetividade da Boca a Boca e Vendas**

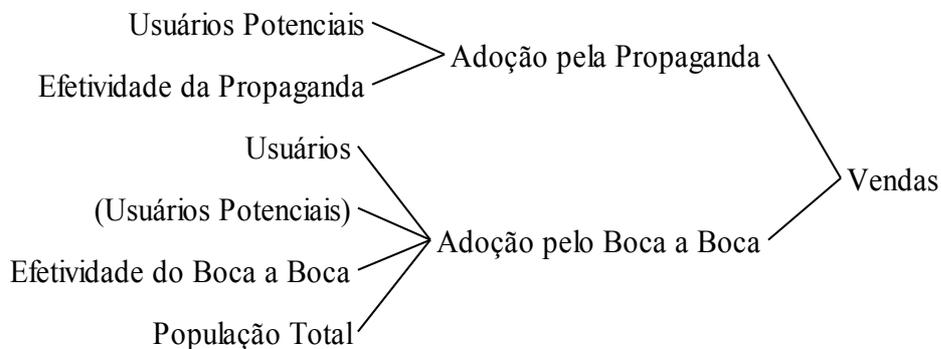
Efetividade do Boca a Boca — Adoção pelo Boca a Boca — Vendas

A *adoção pela propaganda*, dada pela Equação 9<sup>a</sup>, é afetada pela quantidade de *usuários potenciais* multiplicado pela taxa de *efetividade da propaganda* (Coeficiente p). Quanto mais efetiva for a propaganda, maior o número de usuários potenciais e, conseqüentemente, maior o número de vendas no período da simulação.

A *adoção pelo boca a boca*, definida na Equação 9b, é mais complexa. A quantidade de *usuários* que adotam o produto pelo boca a boca depende da quantidade de *usuários potenciais*, da taxa de usuários existentes dentro da população total e da taxa de efetividade do boca a boca (Coeficiente q). Para um dado valor do coeficiente q, a quantidade de pessoas que adotam o produto em determinado passo da simulação depende, também, da proporção de usuários que já utilizam o produto dentro da população. Portanto, quanto maior for esta taxa, maior será a quantidade de usuários que adotarão o produto aumentando, por conseqüência, a quantidade de vendas no período.

A variável *vendas* (Equação 8b), portanto, pode ser representada pela Árvore de Causas 3:

**Árvore de Causa 3 - Relação Adoção pelo Boca a Boca e Adoção pela Propaganda com Vendas**

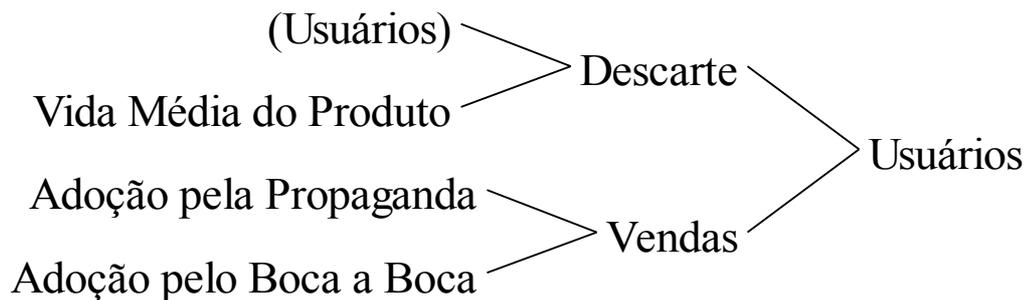


A variável *descarte* é afetada, indiretamente, pela *efetividade do boca a boca* que influencia a quantidade de usuários que adotam o produto por boca a boca. Segundo a Equação 8a e, sabendo que vida média do produto é uma constante (24 meses), quanto maior for o número de usuários, maior será a taxa de descarte na simulação. O descarte é importante porque todos os produtos possuem vida média útil que, depois de expirado, podem ser trocados ou abandonados em favor de novos produtos.

## Relação entre usuários potenciais/usuários e variáveis GAME

As variáveis estoque – *usuários e usuários potenciais* – são acumuladas durante a simulação. Enquanto o número de usuários aumenta, o número de *usuários potenciais* deve, obrigatoriamente, diminuir (assim como estão descritos na Equações 5, 6 e 7). A quantidade de usuários é afetada pelas seguintes variáveis, segundo a Árvore de Causas 4:

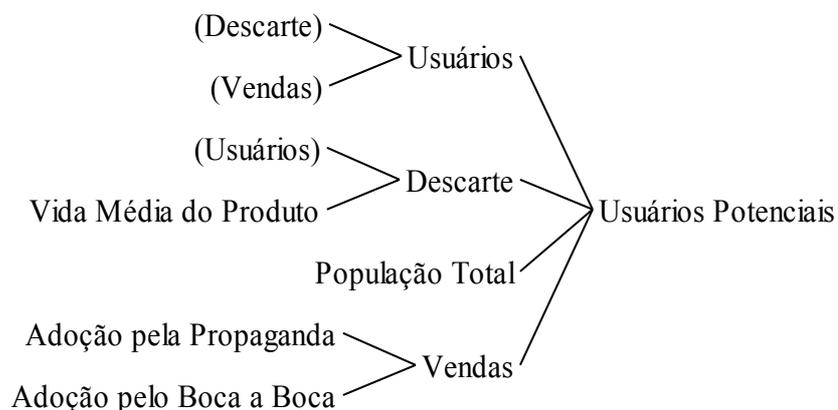
### Árvore de Causas 4 – Árvore de Causa de Usuários



O número de *usuários* por mês aumenta quando o número de vendas for superior a taxa de descarte mensal do sistema. Usuários aparece entre parênteses por ser um número negativo respeitando as condições da Equação 7 para quantidade de usuários no período.

O número de usuários potenciais é afetado pelas seguintes variáveis, de acordo com Árvore de Causas 5:

### Árvore de Causa 5 - Árvore de Causa de Usuários Potenciais



Inicialmente, seu valor é definido de acordo com a Equação 6. Portanto, em  $t=0$ , a quantidade de *usuários potenciais* é igual ao número de pessoas na população total. Conforme a taxa de usuários na população aumenta, o número de usuários potenciais tende a cair. Quanto mais

peças adotarem o produto dentro do sistema, maior é o poder do boca a boca, elevando o número de pessoas que adotam pelo boca a boca, aumentando vendas e usuários e diminuindo o número de usuários potenciais. A quantidade de usuários e usuários potenciais é consequência da influência das variáveis GAME sobre outras variáveis auxiliares (adoção pelo boca a boca e adoção pela propaganda). Portanto, pode-se dizer que não são diretamente influenciadas pelas variáveis GAME, mas se estas forem alteradas, serão encontradas mudanças nos níveis de usuários e usuários potenciais.

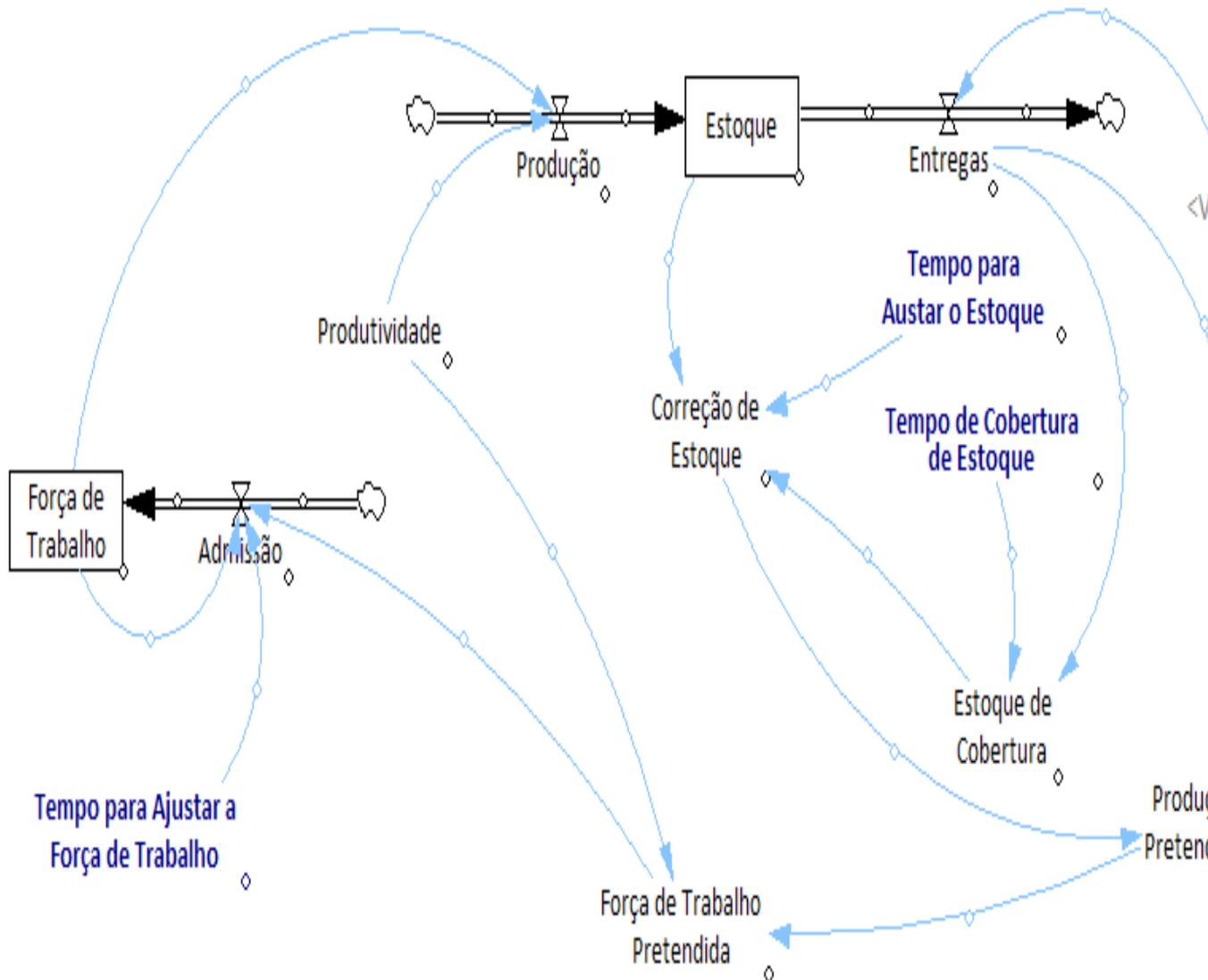
#### 4.2.2.2. Diagrama do modelo de Produção – Variáveis de Operações

Quando a produção ocorre, a mercadoria não é imediatamente vendida. Ao invés, elas são estocadas em uma unidade de armazenagem até que a venda ocorra. O nível de produção desejada combinado com níveis desejados de força de trabalho formam o diagrama de fluxos de produção de uma empresa, representado pelo Diagrama 2. Na Tabela 4 encontram-se as variáveis de operação, seu tipo, fórmula e unidade de medida.

**Tabela 4 - Variáveis de Operações Utilizadas na Construção do Diagrama 2**

Operações				
Variável	Tipo	Fórmula	Unidade	
Vendas	Fantasma	Adoção pela Propaganda+Adoção pelo Boca a Boca	Unidades/Mês	
Produtividade	Constante	1000	Unidades/(Trabalhadores*Mês)	
Força de Trabalho	Estoque	Valor Inicial = Força de Trabalho Pretendida. INTEG = Admissão	Trabalhadores	
Estoque	Estoque	INTEG = Produção - Entregas	Unidades	
Produção	Variável	Produtividade*Força de Trabalho	Unidades/Mês	
Entregas	Variável	Vendas	Unidades/Mês	
Produção Pretendida	Variável	Correção de Estoque+Entregas	Unidades/Mês	
Força de Trabalho Pretendida	Variável	Produção Pretendida/Produtividade	Trabalhadores	
Admissão	Variável	MAX((Força de Trabalho Pretendida-Força de Trabalho), - Força de Trabalho)/Tempo para Ajustar a Força de Trabalho (Estoque de Cobertura-Estoque)/Tempo para Ajustar o Estoque	Trabalhadores/Mês	
Correção de Estoque	Variável		Unidades/Mês	
Estoque de Cobertura	Variável	Tempo de Cobertura de Estoque*Entregas	Unidades	
Tempo para Ajustar a Força de Trabalho	Game	6 (Pode ser alterada, sob o controle do jogador)	Mês	
Tempo para Ajustar o Estoque	Game	1 (Pode ser alterada, sob o controle do jogador)	Mês	
Tempo de Cobertura de Estoque	Game	2 (Pode ser alterada, sob o controle do jogador)	Mês	

**Diagrama 2 - Diagrama de Estoques e Fluxos de Produção**



### **Estoque (Estoque)**

A Equação 11 que define estoque é a integral da diferença entre o que é produzido – *produção* e o que vendido – *entregas*. O valor inicial, quando  $t=0$ , é zero. Isto deve ocorrer porque existe um tempo entre o que é produzido ser comercializado. Durante esse período, a produção fica estocada.

### **Força de Trabalho (Estoque)**

A Equação 12 que define *força de trabalho* é a integral do fluxo (rate) *admissão*, que será abordada no tópico a seguir. O valor inicial da força de trabalho é definido pela variável auxiliar *força de trabalho pretendida*. É uma aproximação, mais pessoas produzem mais produtos (na realidade, outros problemas podem aparecer, tais como: problemas no cronograma de produção, mudança de gestão, trocas de pessoal, entre outros).

**(Eq. 12)**

### **Admissão (Fluxo)**

As ações que modificam a força de trabalho são contratações, demissões, cortes de colaboradores e aposentadorias. Para simplificar, cria-se um conceito composto de todos estas causas – *admissão*. Este fluxo pode aumentar ou diminuir pessoal. A equação que define este fluxo é a velocidade que o ajuste entre a força de trabalho existente atinge a força de trabalho pretendida. Por exemplo, se um carro está viajando a 40 km/h em uma via cuja velocidade mínima é de 50 km/h, deseja-se aumentar a velocidade do carro pressionando o pedal de aceleração. A velocidade do carro (um estoque, Força de Trabalho) aumentará na taxa que depende de quanta pressão está sendo aplicada ao pedal (Taxa de Admissão). A Equação 13 que define admissão é apresentada a seguir:

### **Produção e Entregas (Fluxo)**

A Equação 14a da *produção* é definida como a multiplicação entre *força de trabalho e produtividade*. Esta última, *produtividade*, é uma constante no modelo definido em 1000 unidades por trabalhador/mês.

Intuitivamente, é a quantidade de colaboradores disponíveis para determinado período – *força de trabalho* – multiplicado pela produtividade de cada trabalhador – quantas unidades cada trabalhador produz por mês.

Entregas (Equação 14b) é definida pela variável sombra (Tabela 2) *vendas*. O software utiliza dados existentes da simulação do diagrama de fluxos e estoque do modelo de Bass, representado nesta simulação como variáveis de Marketing, e os transfere para este diagrama de fluxos e estoques de Operações.

Ambas as equações são variáveis fluxo e afetam a quantidade de estoque para cada período da simulação.

(Eq. 14a)

(Eq. 14b)

### **Força de Trabalho Pretendida (Variável Auxiliar)**

*Força de trabalho pretendida* é a quantidade de trabalhadores necessários para produzir o quanto deseja ser produzido. Ela é dependente do nível de produção pretendida e produtividade dos trabalhadores. A Equação 15, a seguir, define Força de Trabalho Pretendida

(Eq. 15)

### **Produção Pretendida (Variável Auxiliar)**

*Produção pretendida* é a quantidade desejada de produção baseando-se nas entregas – ligada à variável sombra *vendas* – e a *correção de estoque*. A Equação 16, a seguir, define *produção pretendida*.

(Eq. 16)

### **Correção de Estoque (Variável Auxiliar)**

*Correção de estoque* é o desvio do estoque desejado e o que foi produzido no período. A correção de estoque obedece à mesma lógica que o *admissão* e é uma formulação de ajuste de estoque. Uma diferença importante entre estas duas variáveis é que, enquanto o último influencia somente a variável *estoque* que está tentando ajustar (*Força de Trabalho*), o primeiro influencia a *produção pretendida*, *força de trabalho pretendida*, *admissão*, *força de trabalho*, *produção* e *estoque*. Esta variável tem um nível de interposição – *força de trabalho* – que ocasiona em importantes consequências para dinâmica do sistema.

O tempo para ajustar o *estoque* é definido como uma variável *GAME* e está disponível para o controle do usuário da simulação. A Equação 17, a seguir, define *correção de estoque*.

(Eq. 17)

### **Estoque de Cobertura (Variável Auxiliar)**

A Equação 18, a seguir, define *estoque de cobertura*. Qual o significado?

### **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho (GAME)**

Tempo para ajustar a Força de Trabalho representa o tempo necessário para que a equipe de gestão entre em acordo sobre o nível desejado de força de trabalho, consiga filtrar novos trabalhadores e notifique os trabalhadores que serão dispensados. Esta variável GAME pode ser modificada pelos usuários da simulação. A Equação 19 define a variável GAME *tempo para ajustar a força de trabalho*.

### **Tempo para Cobertura de Estoque (GAME)**

A Equação 20 define a variável GAME *tempo para cobertura de estoque*.

(Eq. 20)

### **Tempo para Ajustar o Estoque (GAME)**

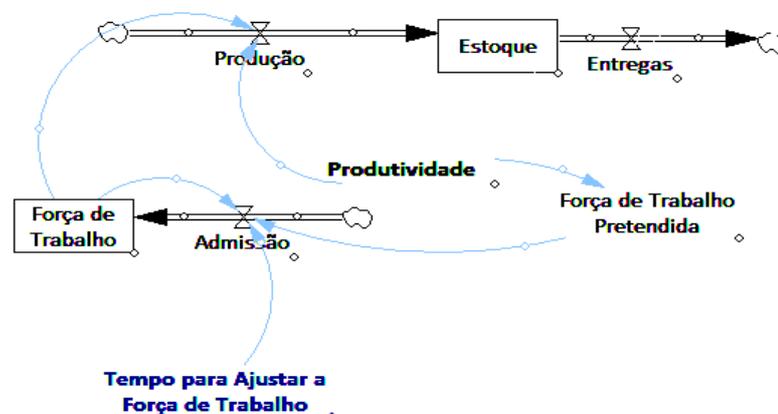
*Tempo para ajuste de estoque* representa tempo necessário para notar significativas mudanças no estoque e programar as mudanças necessárias na produção. Esta variável GAME pode ser modificada pelos usuários da simulação. A Equação 21 define a variável GAME *Tempo para Ajustar o Estoque*.

## Relação entre Produção e variáveis de Força de Trabalho

Para a compreensão do diagrama como um sistema complexo, faz-se necessário examiná-lo em blocos. Para simplificar o processo de fabricação do produto, removendo a complexidade existente em processos reais encontrados em empresas, adota-se *produção* como sendo proporcional a *força de trabalho*. Definida pela Equação 10a, *produção* depende da *força de trabalho* e da *produtividade* dos trabalhadores. Esta última é uma variável constante, portanto quanto maior for a *força de trabalho*, maior será a quantidade produzida pela empresa nesta simulação.

*Força de trabalho* (Equação 12) é uma variável estoque que depende da quantidade de admissões por mês realizadas. *Admissões* (Equação 13) é uma variável fluxo, que pode ser positiva ou negativa, cujo objetivo é ajustar o nível de força de trabalho desejada para cada mês. Para capturar o efeito deste ajuste, são adicionadas duas variáveis – *força de trabalho pretendida* e *tempo para ajustar a força de trabalho* – conectando-as conforme representado no Diagrama 3.

### Diagrama 3 - Diagrama de Fluxos e Estoques para Produção e Força de Trabalho

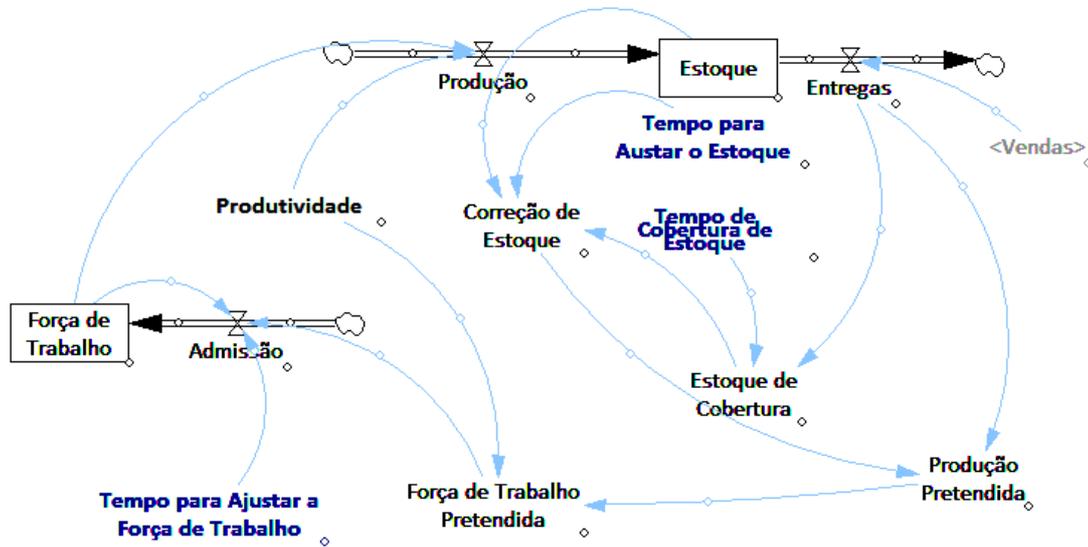


*Força de trabalho pretendida* (Equação 15) é a quantidade de trabalhadores necessários para produzir uma determinada quantidade ideal de mercadorias. O nível inicial da *força de trabalho* é definida pelo valor da *força de trabalho pretendida*. *Tempo para ajuste da força de trabalho* é uma variável GAME, disponível para ser controlada pelo usuário da simulação. Representa o tempo para determinar o nível de *força de trabalho pretendido*, encontrar e contratar candidatos e notificar a demissão do excesso de funcionários. Inicialmente, seu valor é de 6 (seis) meses.



uma variável sombra, representada no Diagrama 5 pela palavra “vendas” em cinza claro).

### Diagrama 5 - Diagrama de Fluxos e Estoques de Operações Completo



O *estoque* (Equação 11) é definido pela integral da diferença entre *entregas* e *produção*. Por se tratar de uma variável estoque, seu valor é acumulado durante o mês e esvaziado quando vendas ocorrem.

*Entregas* (Equação 14b) é uma variável fluxo, definida pela Equação 10b. Seu valor é definido pela variável sombra vendas, que utiliza os dados da simulação do diagrama de fluxos e estoques de marketing para gerar a quantidade que deve ser entregue. Além disso, ela conecta-se a *produção pretendida*, assim como descrito a equação 16. Por último, entregas ainda compõe a equação que define o *estoque de cobertura*, em conjunto com a variável GAME *tempo de cobertura de estoque*.

Para finalizar a equação da *produção pretendida* é necessário mais um componente: *correção de estoque*. Ele representa o desvio da quantidade presente no estoque do seu valor ideal. Esta variável é importante para a dinâmica do sistema de produção, detalhadamente descrito no parágrafo da equação 17. Este é o último componente da produção pretendida e assim pode-se descrever a equação completa desta variável representada na equação 16. Por último, adiciona-se a variável GAME *tempo ajustar o estoque* que afeta diretamente a correção de estoque.

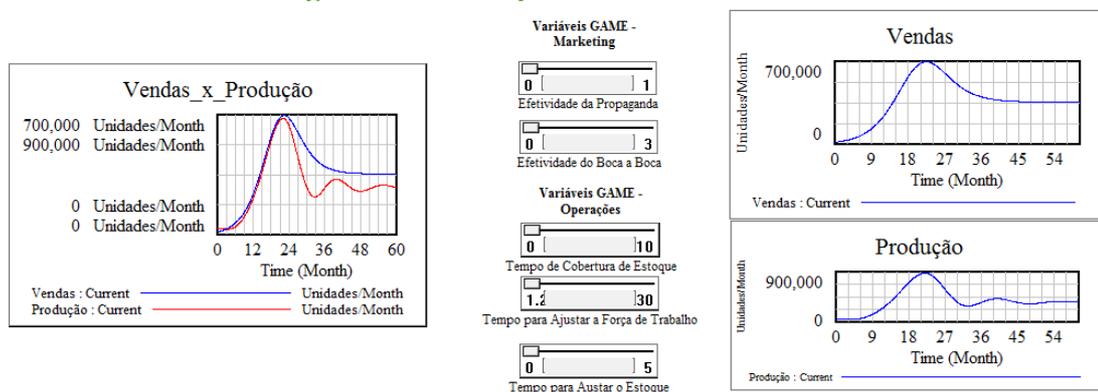
Conclui-se, com estas variáveis, o diagrama de fluxos e estoques da produção. O usuário da simulação pode controlar as variáveis GAME: *tempo para ajustar a força de trabalho*, *tempo*

para ajustar o estoque e tempo de cobertura de estoque. Todas estas possuem efeito sobre a quantidade produzida no período. Por exemplo, quanto menor foi o tempo para ajustar a força de trabalho, atinge-se com maior rapidez o nível (estoque) ideal de força de trabalho e, como consequência, é produzido a quantidade pretendida da produção em menos tempo, evitando perda em vendas por não possuir o produto.

#### 4.2.2.3. Simulação Computacional relacionando diagrama de fluxos e estoque de Marketing e Operações

O Vensim permite a criação de uma simulação que relaciona os dois sistemas construídos. Embora seja uma característica útil do software, faltam recursos visuais na interface para facilitar a compreensão do assunto tratado neste projeto. A Figura 6 demonstra uma simulação realizada no software Vensim. Nota-se que a ferramenta não permite a construção de uma interface mais interativa, ocasionando dificuldades para utilização em sala de aula.

**Figura 6 - Simulação no Software Vensim**



Fonte: Autor

Portanto, a próxima etapa é importante para o desenvolvimento de uma ferramenta de simulação computacional que possa ser utilizada em sala de aula.

### 4.3. Desenho de Interface WEB

#### 4.3.1. Criação de Interfaces

Foram desenvolvidas 4 (quatro) perspectivas na simulação: “Introdução” (Figura 7),

“Decisões” (Figura 8), “Gráficos Auxiliares” (Figura 9) e “Explore o Modelo” (Figura 10). Tais Figuras foram utilizadas na construção do caso e também estão disponíveis -no Apêndice deste relatório<sup>1</sup>.

A tela “Decisões” concentra todas as decisões referentes ao processo produtivo da empresa. As variáveis de marketing – “efetividade da propaganda” e “efetividade da boca a boca” - devem ser consideradas como constantes. As variáveis operacionais – ***Tempo de Cobertura de Estoque, Tempo para Ajustar o Estoque e Tempo para Ajustar a Força de Trabalho*** – estão disponíveis para serem alteradas pelos usuários da simulação. Os valores presentes na Figura 10 são os valores exercidos atualmente pela companhia. Tal combinação é denominada “Cenário Base”.

Para fins didáticos, a tela “Explore o Modelo” demonstra as relações existentes entre as variáveis. Assim, é possível observar como a simulação computacional funciona, facilitando a compreensão do caso como um todo.

---

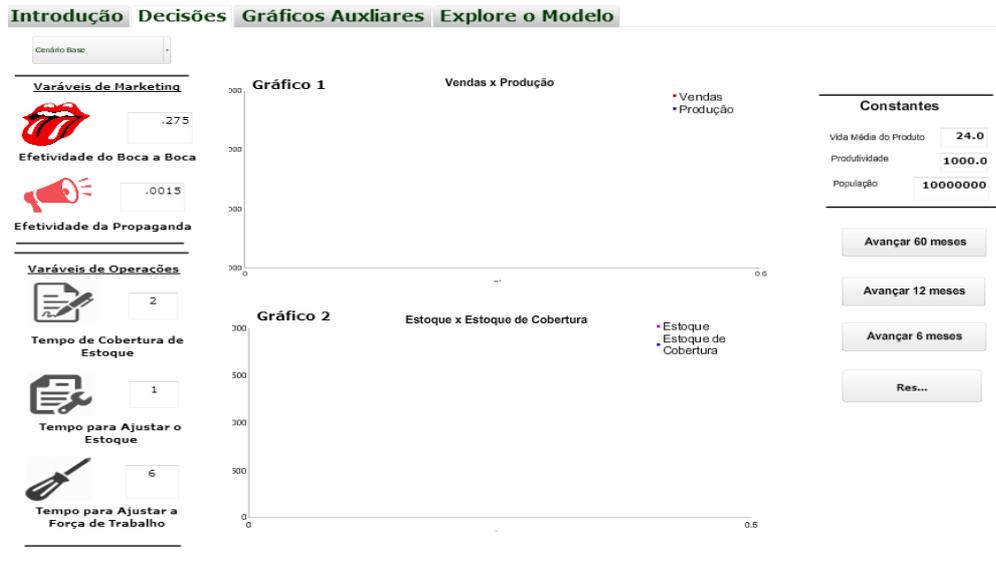
<sup>1</sup> As figuras são inseridas no corpo principal do relatório para facilitar a fluidez da leitura

Figura 7 – Interface de Introdução



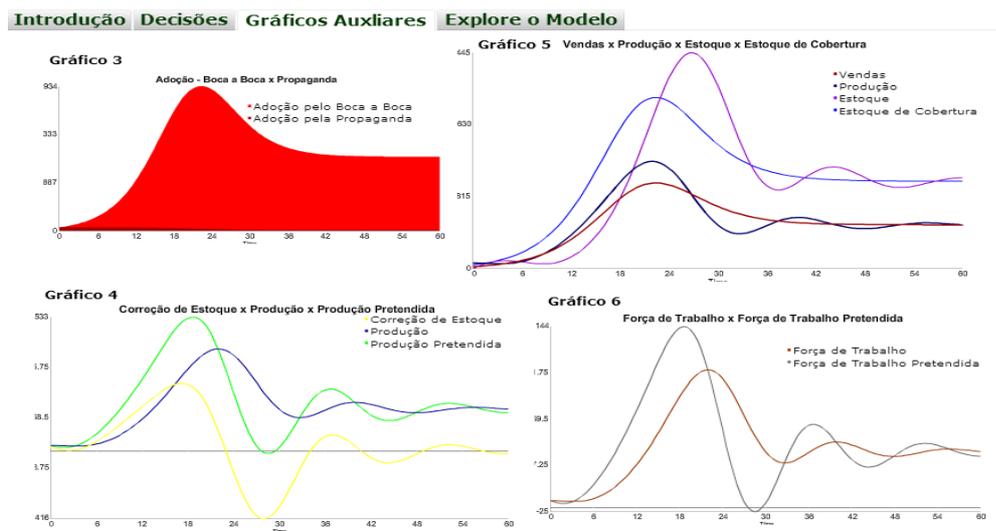
Fonte: Autor

Figura 8 – Interface de Decisões



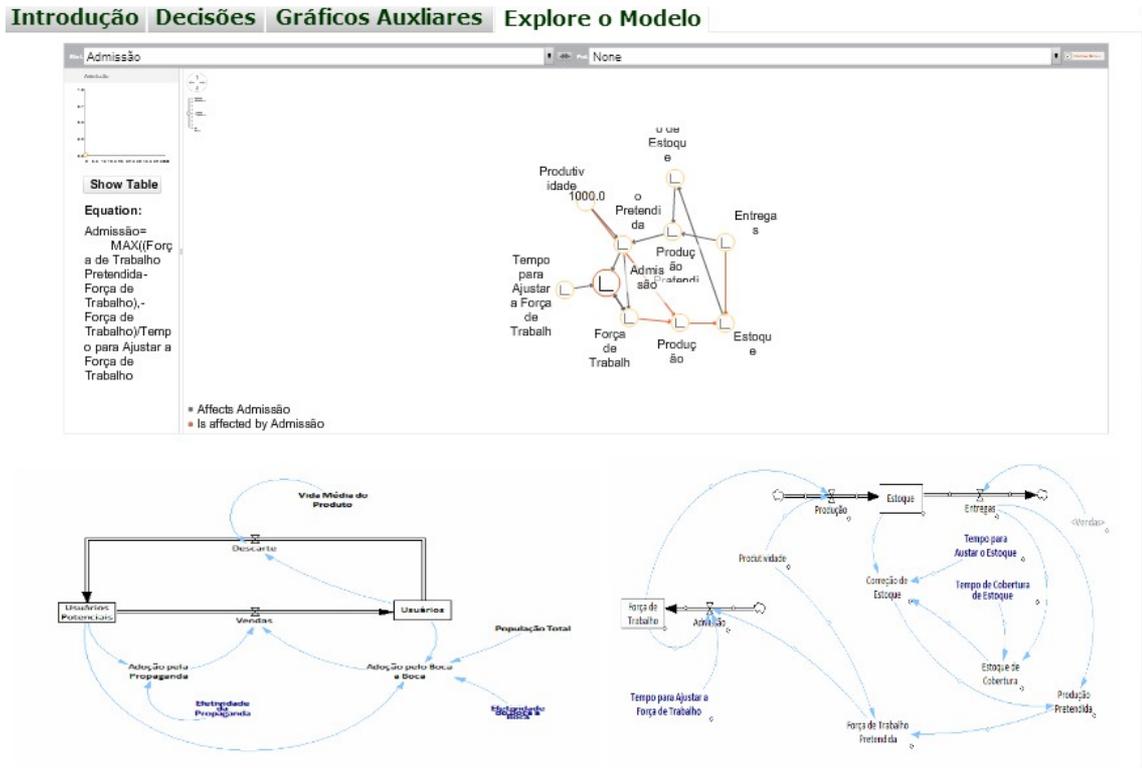
Fonte: Autor

Figura 9 – Interface de Gráficos Auxiliares



Fonte: Autor

**Figura 10 - Interface “Explore o Modelo”**



Fonte: Autor

As variáveis de decisão de marketing – Efetividade da Propaganda e Efetividade do Boca a Boca – foram codificadas em imagens de acordo com a Figura 11.

**Figura 11 - Figuras Representativas das Variáveis de Marketing**



Fonte: Autor

As variáveis de operações foram construídas seguindo o mesmo processo lógico das variáveis de Marketing. As variáveis *GAME* de decisão – Tempo de Ajuste de Estoque, Tempo de Cobertura de Estoque e Tempo para Ajustar a Força de Trabalho são codificadas conforme mostrado na Figura 12.

**Figura 12 - Figuras Representativas das Variáveis de Operações**



Fonte: Autor

#### **4.3.2. Testes de Simulação**

Foram construídos cenários para testar o impacto das variáveis na curvas obtidas a partir da simulação computacional. Estes deram origem a formulação de um caso para ser utilizado em sala de aula. O caso retrata o processo produtivo de uma “Fábrica de Refrigerantes” que deve encontrar uma maneira de se preparar operacionalmente para lançar um novo sabor de refrigerante para complementar sua linha de produto.

O “Cenário Base” será detalhado a seguir e representa o processo produtivo atual da empresa. Além deste, mais três opções foram desenvolvidas para o caso. Cada uma delas altera uma variável de operações e estão disponíveis para consulta no Apêndice deste relatório, formalizados no caso da “Fábrica de Refrigerantes”.

**Tabela 5 - Valores das variáveis no Cenário Base**

Cenário Base
Efetividade da Propaganda = 0,015/Mês
Efetividade do Boca a Boca = 0,275/Mês
Tempo para Ajustar o Estoque = 1 Mês
Tempo de Cobertura de Estoque = 2 Meses
Tempo para Ajustar a Força de Trabalho = 6 Meses

O Gráfico 1<sup>2</sup> representa a curva de **Vendas** e **Produção** para o cenário base. Esta relação permite observar a instabilidade da produção da empresa em relação ao mercado. As curvas observadas neste cenário base estão dispostas no Gráfico 1. Repare no “efeito chicote” ao final do gráfico, como destacado. Ele é definido como a distorção da percepção da oferta ao longo da cadeia de suprimentos na qual a variância da produção do fornecedor é diferente da demanda observada pelo vendedor. Assim, a curva de produção apresenta momentos em que a produção é maior que os produtos vendidos, resultando em estoques e perdas de produtos e momentos em que a **Produção** é inferior ao número de **Vendas** resultando em falta de estoques e produtos no ponto de venda ao consumidor.

**Gráfico 1 - Vendas x Produção no Cenário Base** (~~gráfico é gerado pelo próprio sistema e os comentários foram inseridos pelo autor~~)

O Gráfico 2 oferece mais informações sobre o motivo destas oscilações. Inicialmente, quando **Vendas** começam a crescer, o **Estoque** cai porque **Vendas** excedem a **Produção**. A **Produção**, então, gradualmente cresce porque **Estoque de Cobertura** cresce com as **Vendas**. Entretanto, existe um atraso de 6 meses – resultado da Variável **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** - devido a necessidade de ajustar a **Força de Trabalho**. No 12º mês, **Produção** > **Vendas**, e o **Estoque** começa a crescer.

Se o **Estoque** cresce, a **Produção** cresce também. Enquanto **Estoque** < **Estoque de Cobertura** haverá pressão para aumentar a **Produção**, mesmo quando a Produção exceder as Vendas. Note que, mesmo quando **Estoque** = **Estoque de Cobertura**, **Produção** > **Vendas** devido ao número excessivo de membros na **Força de Trabalho**, resultando no aumento contínuo no **Estoque**.

<sup>2</sup> Os gráficos são gerados pelo próprio sistema e os comentários foram inseridos pelo autor.

## Gráfico 2 - Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura – Oscilação inicial (gráfico é gerado pelo próprio sistema e os comentários foram inseridos pelo autor)

Somente quando o *Estoque* for maior que o *Estoque de Cobertura* é que a *Produção* começa a diminuir. Como efeito, nota-se que se produzem mais refrigerantes que o necessário para cobrir as *Vendas*, resultando em períodos com excesso de estoque. O *Tempo para ajuste na Força de Trabalho* não permite que este processo de *Correção de Estoque* e *Produção* seja efetuado de maneira mais eficiente.

Note também que *Correção de Estoque* (Gráfico 3), tem um importante impacto na *Produção*. O processo de *Ajuste da Correção do Estoque* é rápido. Ou seja, nota-se que existe uma produção excessiva acima do nível de *Vendas* e que isso precisa ser corrigido. Logo após se igualar aos níveis de *Produção*, a curva de *Correção de Estoque* começa a declinar, com objetivo tentar diminuir a *Produção*. Entretanto, devido aos atrasos no *Ajuste da Força de Trabalho*, durante 6 meses a empresa continua a produzir e adicionar produtos ao *Estoque*, enquanto diminuí a *Força de Trabalho*.

Os atrasos no *Ajuste da Força de Trabalho* ocasionam momentos de *Produção* em níveis excessivos a quantidade de *Vendas*, elevando *Estoques*, devido à demora no processo de diminuição da *Força de Trabalho*. Ou, ao contrário, quando o *Estoque* está abaixo do *Estoque de Cobertura*, existe um retardo para elevar a *Produção* acima do nível de *Vendas*. Isto se torna um círculo vicioso, no qual empresa está sempre produzindo a mais do que necessário ou não produzindo o suficiente. Esta análise está sumarizada no Gráfico 4.

## Gráfico 3 - Atraso na Produção após Serem Realizados Ajustes na Correção de Estoque

## Gráfico 4 - Atrasos nos Ajustes dos Processos Produtivos (gráfico é gerado pelo próprio sistema e os comentários foram inseridos pelo autor)

## 5. Aplicação do Caso e Conclusão

### 5.1.1. Perfil dos Entrevistados

Foram realizadas duas entrevistas com aplicação do caso desenvolvido a partir da simulação computacional no dia 09 de julho de 2016. Os 4 (quatro) entrevistados são alunos do curso de graduação em administração de empresas da Fundação Getulio Vargas de São Paulo, aos quais foi distribuída uma versão do caso. Neste sentido, foi conduzida a aplicação da simulação a partir do roteiro disposto no caso e, ao término desta fase, recolheram-se depoimentos sobre os pontos positivos que poderiam ser reforçados em uma eventual continuação e refinamento do modelo, bem como pontos negativos que faltaram na simulação atual e podem contribuir positivamente para atingir os objetivos didáticos do projeto.

### 5.1.2. Conclusões com base nas Entrevistas

Os entrevistados são referidos como E1, E2, E3 e E4.

O roteiro de entrevista aplicado seguiu o desafio proposto no caso da “Fábrica de Refrigerantes”. Feita a leitura prévia do texto disponível, a primeira etapa a seguir é explicar quais são as principais variáveis e como elas se relacionam. O objetivo central do caso é ajudar os alunos a compreender os conceitos de ciclo de vida do produto e do “efeito-chicote”. Os usuários da simulação foram instruídos pelo autor como se estivessem em uma dinâmica de sala de aula.

Após esta etapa, simula-se o cenário base com os entrevistados com objetivo de explicar na prática qual o efeito que as variáveis operacionais e de marketing possuem sobre a curva de produção da empresa, assim como foi descrito no item 4.3.2 deste relatório. Esta etapa provou-se de fácil compreensão, uma vez que nenhum dos entrevistados mostrou não compreender os conceitos exposto. Tal efeito ocorre, possivelmente, devido a prévia experiência com matérias de operações e logística obrigatórias presentes na grade curricular do curso de administração de empresas.

Em seguida, os entrevistados tiveram a oportunidade de utilizar o simulador. Com três opções previamente disponíveis, eles foram alterando cada uma das variáveis operacionais para tentar ajustar a curva de produção com a curva de demanda. Nota-se que todos os entrevistados chegaram as conclusões corretas sobre as vantagens e desvantagens de cada alteração. Por exemplo, A opção “b”, também disponível para consulta no Apêndice deste relatório, – que envolve alterar *o tempo de ajuste da força de trabalho* – é a que fornece maior material para discussão. Embora seu efeito seja ótimo para ajustar a produção da empresa, diminuir o tempo desta variável pode não se provar tão fácil. Isto ocorre devido aos processos burocráticos

demorados para contratação e demissão de mão-de-obra, bem como a rígida legislação trabalhista existente no Brasil. Esta alternativa está no caso justamente para incitar este tipo de debate, algo que foi concluído com sucesso nesta etapa do trabalho.

Na opinião dos entrevistados, a simulação e o caso auxiliam-os na aprendizagem dos conceitos de ciclo de vida do produto e do “efeito chicote”. Foi enfatizado que esta parte atende aos objetivos propostos e fornece uma boa fonte alternativa de aprendizagem. Assim, conclui-se que a mensagem foi transmitida de maneira clara e eficiente.

\_\_\_\_\_ “E1: A parte prática [aplicação do caso em conjunto com a \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_simulação] \_\_\_\_\_atende aos objetivos propostos  
inicialmente (...). O \_\_\_\_\_caso explica com clareza \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_o ciclo de vida do produto e o\_“efeito \_\_\_\_\_chicote “”.

\_\_\_\_\_ “E2: Para mim ficou bem claro o modelo. Quando há muitas \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_variáveis ou \_\_\_\_\_muitas informações, fica difícil a  
compreensão do \_\_\_\_\_que é importante.”.

Uma sugestão importante foi de começar a explicação e a utilização do caso com o modelo disponível na aba “Explore o Modelo”. Desta forma acredita-se que seja mais fácil fazer a conexão entre as variáveis existentes e como elas interferem no processo produtivo.

Ressaltou-se a necessidade se adicionar alguma métrica financeira, de maneira que as análises e conclusões extraídas do caso possam ser mais robustas e completas. Vale ressaltar, no entanto, que isto foge ao escopo de trabalho proposto e descrito neste relatório, mas esta é uma importante funcionalidade que pode ser adicionada a eventuais continuidades deste projeto.

\_\_\_\_\_ “E3: Falta *tangibilizar* [financeiramente] qual o impacto que \_\_\_\_\_cada  
\_\_\_\_\_uma das \_\_\_\_\_opções oferece a empresa. Por  
exemplo, ao \_\_\_\_\_escolher \_\_\_\_\_diminuir o tempo de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ajustar o estoque, quanto isto custaria a \_\_\_\_\_empresa e qual o retorno você  
teria \_\_\_\_\_sobre o investimento”.

\_\_\_\_\_ “E4: A métrica financeira poderia facilitar o processo de tomada –

\_\_\_\_\_de decisão \_\_\_\_\_no caso Muito embora tal opção eleve o nível de \_\_\_\_\_complexidade do modelo, \_\_\_\_\_possivelmente dificultando o nível de \_\_\_\_\_entendimento dos alunos”.

## 6. Possibilidades para a Expansão do Projeto

Acrescentar métricas financeiras pode ser uma boa forma de enriquecer o caso. Haverá certa dificuldade quanto a encaixar tais valores neste modelo, de maneira que os números resultantes possam fazer sentido e lógica no contexto do caso. Assim, podem-se buscar outras fontes que forneçam alguma base para continuar esta linha de raciocínio. Reafirma-se, no entanto, que a maioria das respostas nas entrevistas foram favoráveis em relação ao atual formato da simulação. Portanto, tal ajuste seria para aprofundar o nível da discussão do caso e não seria necessário para compreensão total dos conceitos abordados.

Assim, uma próxima etapa pode incluir testes com turmas do curso de graduação em administração de empresas da FGV, reforçando a necessidade de testar de novamente este modelo com uma amostra maior.

Desta maneira, obtém-se resultados da pesquisa mais confiáveis para justificar o emprego de formas alternativas de ensino como auxílio aos métodos tradicionais de aula.

## Referências

ANUMBA, C. J. *et al.* **A multi-agent system for distributed collaborative design.** *Journal of Enterprise Information Management*, v.14, n.5-6, p.355-367. 2001.

AXELROD, R. **Advancing the art of simulation in the social sciences.** *Complexity*, v.3, n.2, p.16-22. 1997.

BASS, Frank. **A new product growth model for consumer durables.** *Management Science*, Vol. 15 (5), 215-227. 1969

BERENDS, P.; ROMME, G. **Simulation as a research tool in management studies.** *European Management Journal*, v.17, n.6, p.576-583. 1999.

BROWN, Lawrence. **Innovation Diffusion: A New Perspective.** London: Methuen. 1981

EPSTEIN, J. M. **Generative social science: studies in agent-based computational modeling:** Princeton University Press, Princeton. 2006

FIGUEIREDO, J. C. B. **Planejamento orientado por cenários com o uso de modelos causais lineares e diagramas de estoque e fluxo.** *Revista Produção Online*, v 9, n 2, 2009.

FIGUEIREDO, J. C. B. **Modelo de difusão de Bass: uma aplicação para indústria de motocicletas no Brasil.** *Revista Gestão Industrial*. Ponta Grossa, v.08, n.01, p.38-58, 2012.

- FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Cambridge: MIT Press, 1961
- FORRESTER, J. W. **Urban Dynamics**. Cambridge: Pegasus Communications, 1969.
- HAUSER, John; TELLIS, Gerard J. e GRIFFIN, Abbie. **Research on Innovation and New Products: A review and Agenda for Marketing Science**. *Marketing Science*, Vol. 25 (6), 687–717. 2006
- HORSKY, Dan e SIMON, Leonard S. **Advertising and the diffusion of new products**. *Management Science*, Vol. 1, 31-47. 1983
- JENNINGS, N. R.; SYCARA, K.; WOOLDRIDGE, M. **A Roadmap of Agent Research and Development**. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, v.1, n.1, p.7-38. 1998.
- KALISH, Shlomo. **A new product adoption model with price, advertising and uncertainty**. *Management Science*, Vol. 31(12), 1569-1585. 1985
- KALISH, Shlomo e LILIEN, Gary L. **A market entry timing model for new technologies**. *Management Science*. Vol. 32 (4), 194-205. 1986
- PIDD, Michael. **Modelagem Empresarial: Ferramentas para a tomada de decisão**. Porto Alegre: Bookman. 1998
- ROBERTS, N.; ANDERSEN, D. F.; DEAL, W. A. **Introduction to computer simulation: A system Dynamics modeling approach**. Massachusetts: Addison-Wesley. 1983
- ROGERS, E. **Diffusion of Innovations**. New York: Free Press. 1995
- STERMAN, John D. **Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World**. Boston: McGraw-Hill. 2000
- STONEMAN, Paul. **The Economics of Technological Diffusion**. Cambridge, MA: Blackwell. 2002
- TALUKDAR, D.; SUDHIR, K.; AINSLIE, A. **Investigating New Product Diffusion Across Products and Countries**. *Marketing Science*, v.21, n.1, p.97-114. 2002.
- TESFATSION, L.; JUDD, K. *Handbook of Computational Economics. Agent-Based Computational Economics, vol II*. 2006.
- TISUE, S.; WILENSKY, U. **NetLogo: A Simple Environment for Modeling Complexity**. *International Conference on Complex Systems*. 2004.
- WEISS, G. **Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed Artificial**

**Intelligence:** MIT Press. 1999

WRIGHT, M.; CHARIETT, D. (1995). **New product diffusion models in marketing: an assessment of two approaches.** Marketing Bulletin, Vol. 6, 32-41.

**Apêndice**

**Apêndice A – Teaching Notes – Caso | Lançamento de Produtos na Fábrica de Refrigerantes**

**Caso: Lançamento Novo Sabor de Refrigerante**

**Link para Simulação:** <https://forio.com/simulate/victor.shimabukuro023/evp>

**Introdução**

Você está envolvido no processo de lançamento de um novo sabor de refrigerantes de uma empresa. A empresa está receosa, pois não teve experiências boas nas últimas tentativas de lançamentos de novos sabores a linha de produtos existentes. Embora a gestão culpe o mercado pelos resultados negativos, você acredita que existem erros no processo produtivo que podem ser melhorados de maneira a melhor ajustar a produção da empresa com a demanda prevista do mercado.

A empresa não possui problemas financeiros e reservou uma quantidade suficiente de caixa para investir em oportunidades que permitam a expansão do negócio no concorrido mercado de refrigerantes brasileiro.

Entretanto, o último lançamento da companhia gerou perdas consideráveis a companhia. A gestão da empresa acredita que a instabilidade da demanda do mercado e as condições

macroeconômicas são as responsáveis por esses resultados. Você não concorda com esta opinião já que, após analisar dados históricos da empresa e do mercado, percebeu que vendas são mais estáveis que o processo de produção da empresa. Para investigar os motivos desta instabilidade, você montou um modelo simples de demanda e produção da empresa para auxiliar no processo de tomada de decisão do lançamento do novo sabor de refrigerante.

#### Levantamento das Variáveis

Para entender o que está acontecendo você mapeou a áreas de marketing e operações da empresa com objetivo de construir uma simulação computacional para ajudar a explicar as razões para as falhas produtivas da empresa.

#### Marketing

Para as variáveis de marketing, considerou-se o processo de difusão do uso de um novo produto. Segundo a teoria, são dois tipos de consumidores que irão determinar a forma como a demanda irá crescer. O primeiro tipo, chamado de “inovador”, decide adotar o produto de forma independente, ou seja, não recebe influência de outros consumidores. Este tipo de consumidor é motivado basicamente pelo processo de comunicação de massa. O segundo tipo, chamados “imitador”, recebe influência do meio social e dos outros consumidores que já utilizaram o produto (boca a boca).

Para construção da simulação, tratam-se estes dois tipos de consumidores por meio de variáveis referentes ao ambiente de marketing. Portanto, foram consideradas duas variáveis nesta categoria para representar o efeito da propaganda e divulgação sobre a aceitação do produto e determinação da curva de demanda. A primeira variável é **Efetividade da Propaganda** e a segunda variável é **Efetividade do Boca a Boca**. Os valores destas variáveis são parâmetros definidos inicialmente em 0,275 e 0,015, respectivamente. O intervalo de variação é de 0 a 1.

Estas variáveis afetam a adoção do produto dentro de um sistema. Quanto mais pessoas utilizam o produto, maior o número de usuários e, conseqüentemente, maior é o volume de **Vendas (Demanda)** estimado para o período.

Foram definidas algumas **constantes** para o modelo: “População Total” no valor de 10.000.000 de pessoas, e “Vida Média do Produto” no valor 24 meses.

#### Operações

O lado de operações (produção) da empresa é representado no modelo por três variáveis que podem ser controladas a fim de ajustar a quantidade produzida com a quantidade demandada pelos consumidores. Atribui-se a estas três variáveis a categoria de “operacionais”, ou seja, ligadas à parte operacional da empresa. A primeira delas é **Tempo de Ajuste do Estoque**, a segunda é **Tempo de Cobertura de Estoque** e a última é o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**. A relação entre as variáveis, o processo de produção e estoque, bem como a utilização da força de trabalho geram a curva de produção da empresa.

Para simplificar a simulação, assume-se que produção é diretamente proporcional a quantidade de trabalhadores disponíveis a empresa. Assim, quanto maior a Força de Trabalho da empresa, maior a sua capacidade produtiva. Desta maneira, não há necessidade em se preocupar com investimentos de longo de prazo e capacidade.

#### Força de Trabalho de Produção

No curto prazo, para aumentar a produção, aumenta-se a Força de Trabalho da empresa. Entretanto, problemas aparecem neste processo de ajuste da Força de Trabalho. O tempo necessário para encontrar novos trabalhadores e demitir aqueles em excesso é representado pela variável **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**. Inicialmente, seu valor é de 6 (seis) meses. Se o valor desta variável for menor, o processo de Admissão de trabalhadores na Força de Trabalho acontece com maior rapidez e o nível de produção aumenta para o período. Cada trabalhador possui a mesma **Produtividade**, portanto não há diferenças entre trabalhadores dentro da **Força de Trabalho**. A **Produtividade** é uma constante no valor de 1000 unidades/

(Trabalhador\*Mês):

Estoque e Produção

O modelo reconhece, até este momento, a quantidade de **Produção** e **Vendas** ou **Entregas** que deve fazer por período. Entretanto, falta abordar um importante componente: Estoque. Para refinar os valores do Estoque são necessárias duas variáveis: **Tempo de Ajuste do Estoque** e **Tempo de Cobertura de Estoque**. A última representa o tempo desejado pela empresa para manter estoque adicional com objetivo de se proteger contra eventuais incertezas de demanda. O primeiro representa o tempo necessário para que sejam notadas mudanças no estoque e possam ser feitas correções no processo de produção.

Baseando-se em **Vendas** estimadas para o período, define-se um valor esperado para o Estoque (influenciadas pelas variáveis do parágrafo anterior) da empresa que, por sua vez, influencia a **Produção Pretendida** para o período.

O anexo I, disponível ao fim deste caso, traz informações sobre quais são as equações de cada variável, bem como duas figuras com resumos das variáveis de operações e de marketing.

### Simulação Desenvolvida

Foram desenvolvidas 4 (quatro) perspectivas na simulação: “Introdução” (Figura A.1), “Decisões” (Figura A.2), “Gráficos Auxiliares” (Figura A.3) e “Explore o Modelo” (Figura A.4).

A tela “Decisões” concentra todas as decisões referentes ao processo produtivo da empresa. As variáveis de marketing — “efetividade da propaganda” e “efetividade da boca a boca” — devem ser consideradas como constantes. As variáveis operacionais — **Tempo de Cobertura de Estoque**, **Tempo para Ajustar o Estoque** e **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** — estão disponíveis para serem alteradas pelos usuários da simulação. Os valores presentes na Figura A.2 são os valores exercidos atualmente pela companhia. Tal combinação é denominada “Cenário Base”.

O eixo de todos os gráficos é o Tempo, que vai de 0 a 60 meses. O Gráfico 1 representa a curva de Vendas e Produção e o Gráfico 2 representa a curva de Estoque e Cobertura de Estoque. Ambos serão utilizados para análise da cadeia produtiva da companhia.



Figura A.7—Introdução: A tela de “Introdução” traz um pequeno resumo do problema enfrentado pela empresa de refrigerantes e explicações resumidas das variáveis utilizadas na

## simulação:

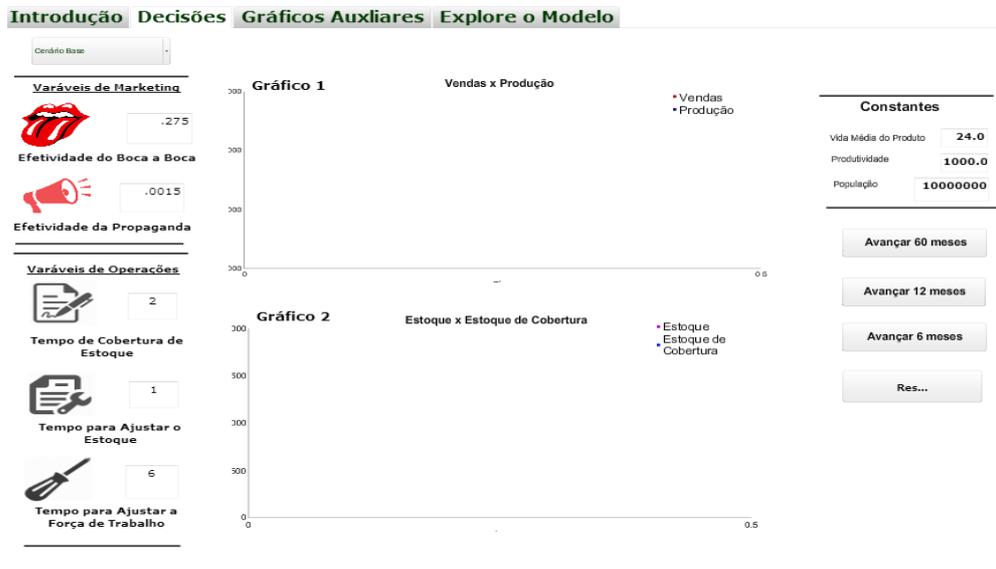


Figura A.8—Esta tela contém informações acerca das variáveis constantes do modelo: População Total, Vida Média do Produto e Produtividade. Pode-se avançar indefinidamente a simulação por 60 meses ou por etapas (6 ou 12 meses). Ou seja, podem ser elaborados simulações com 1, 5 ou 10 rodadas. O botão “Reset” reinicia a simulação

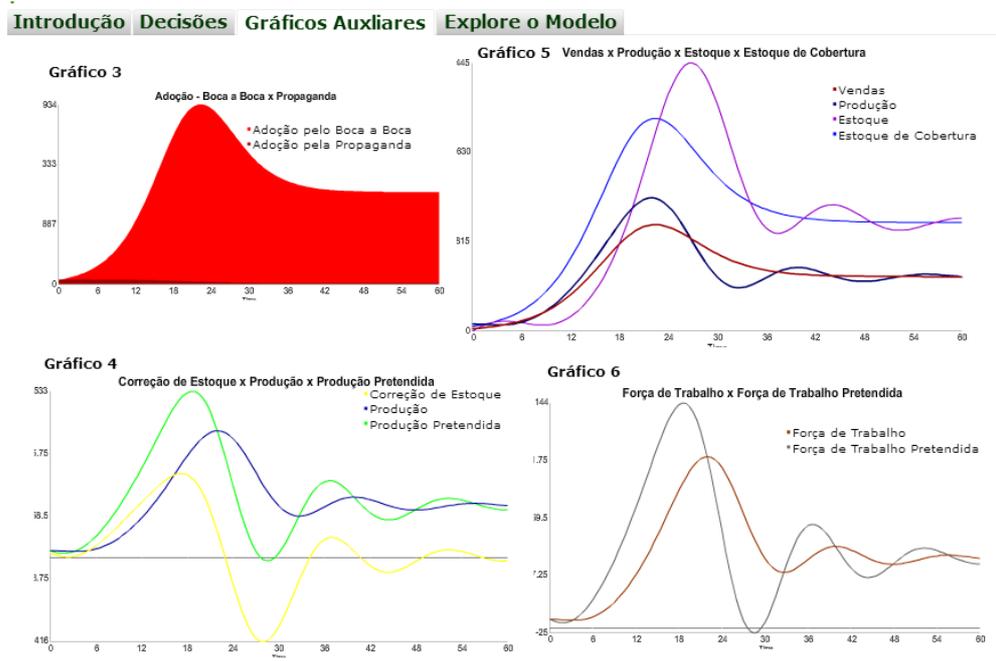


Figura A.9—A tela “Gráficos Auxiliares” fornece informações adicionais sobre a simulação.

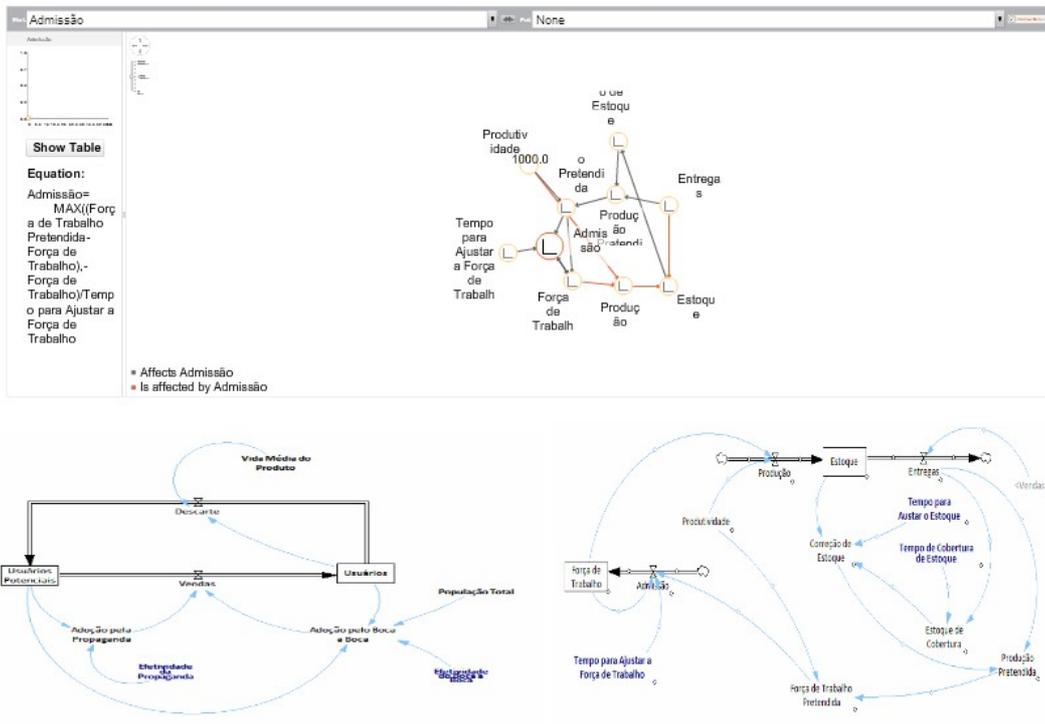


Figura A. 10 – A tela “Explore o modelo” traz explicações sobre os diagramas de fluxos e estoques de marketing e operações, bem como explicações sobre como as variáveis se relacionam umas com as outras.

Exemplo da Simulação utilizando o Cenário Base

**Cenário Base**

- Efetividade da Propaganda = 0,015/Mês
- Efetividade do Boca a Boca = 0,275/Mês
- Tempo para Ajustar o Estoque = 1 Mês
- Tempo de Cobertura de Estoque = 2 Meses
- Tempo para Ajustar a Força de Trabalho = 6 Meses

O Gráfico A.1 representa a curva de **Vendas** e **Produção** para o cenário base. Esta relação permite observar a instabilidade da produção da empresa em relação ao mercado. As curvas observadas neste cenário base estão dispostas no gráfico 1. Repare no “efeito chicote” ao final do gráfico. Ele é definido como a distorção da percepção da oferta ao longo da cadeia de suprimentos na qual a variância da produção do fornecedor é diferente da demanda observada pelo vendedor. Assim, a curva de produção apresenta momentos em que a produção é maior que os produtos vendidos, resultando em estoques e perdas de produtos e momentos em que a **Produção** é inferior ao número de **Vendas** resultando em falta de estoques e produtos no ponto de venda ao consumidor.



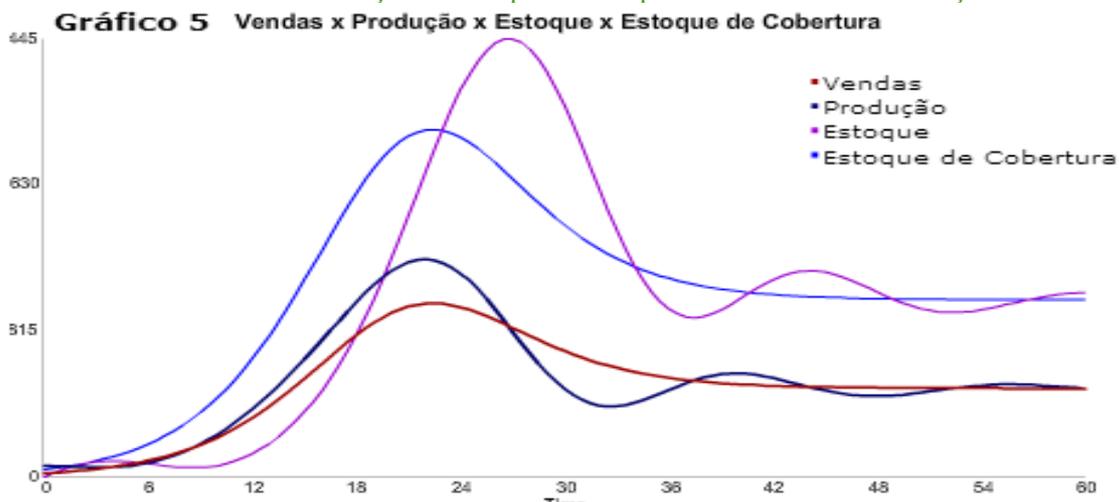
Gráfico

### A.5 – Vendas x Produção no Cenário Base

O Gráfico A.2 oferece mais informações sobre o motivo destas oscilações. Inicialmente, quando *Vendas* começam a crescer, o *Estoque* cai porque *Vendas* excedem a *Produção*. A *Produção*, então, gradualmente cresce porque *Estoque de Cobertura* cresce com as *Vendas*. Entretanto, existe um atraso de 6 meses — resultado da Variável *Tempo para Ajustar a Força de Trabalho* — devido a necessidade de ajustar a *Força de Trabalho*. No 12º mês, *Produção* > *Vendas*, e o *Estoque* começa a crescer.

Se o *Estoque* cresce, a *Produção* cresce também. Enquanto *Estoque* < *Estoque de Cobertura* haverá pressão para aumentar a *Produção*, mesmo quando a *Produção* exceder as *Vendas*. Note que, mesmo quando *Estoque* = *Estoque de Cobertura*, *Produção* > *Vendas* devido ao número excessivo de membros na *Força de Trabalho*, resultando no aumento contínuo no *Estoque*.

Gráfico A.6 – Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura — Oscilação inicial



Somente quando o *Estoque* for maior que o *Estoque de Cobertura* é que a *Produção* começa a diminuir. Como efeito, nota-se que se produzem mais refrigerantes que o necessário para cobrir as *Vendas*, resultando em períodos com excesso de estoque. O *Tempo para ajuste na Força de Trabalho* não permite que este processo de *Correção de Estoque* e *Produção* seja

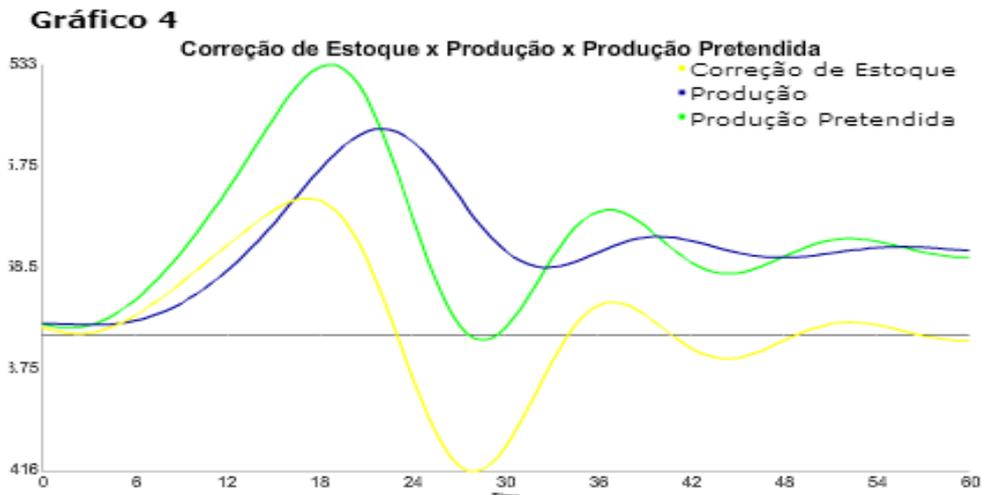
efetuado de maneira mais eficiente.

Note também que *Correção de Estoque* (Gráfico A.3), tem um importante impacto na *Produção*. O processo de *Ajuste da Correção do Estoque* é rápido. Ou seja, nota-se que existe uma produção excessiva acima do nível de *Vendas* e que isso precisa ser corrigido.

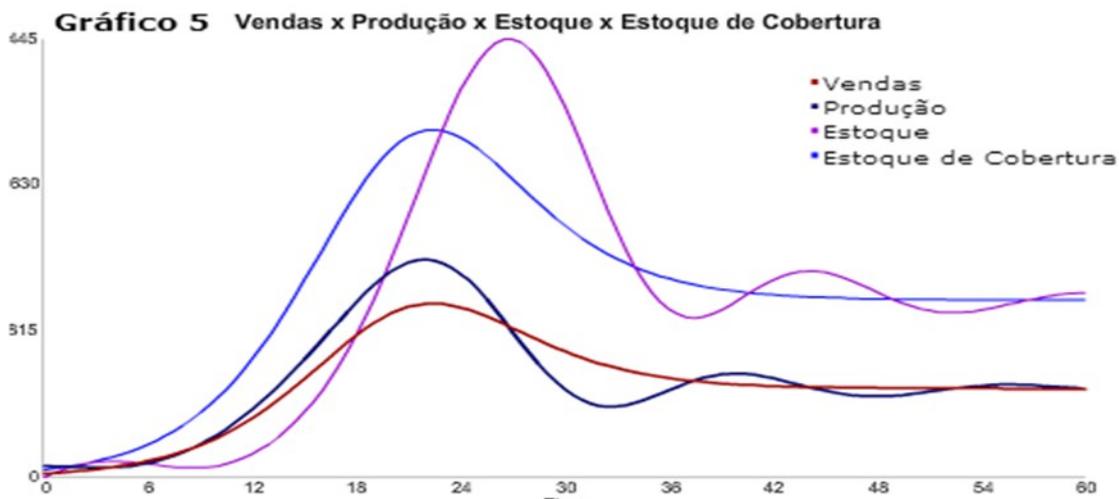
Logo após se igualar aos níveis de *Produção*, a curva de *Correção de Estoque* começa a declinar, com objetivo tentar diminuir a *Produção*. Entretanto, devido aos atrasos no *Ajuste da Força de Trabalho*, durante 6 meses a empresa continua a produzir e adicionar produtos ao *Estoque*, enquanto diminuí a *Força de Trabalho*.

Os atrasos no *Ajuste da Força de Trabalho* ocasionam momentos de *Produção* em níveis excessivos a quantidade de *Vendas*, elevando *Estoques*, devido à demora no processo de diminuição da *Força de Trabalho*. Ou, ao contrário, quando o *Estoque* está abaixo do *Estoque de Cobertura*, existe um retardo para elevar a *Produção* acima do nível de *Vendas*. Isto se torna um círculo vicioso, no qual empresa está sempre produzindo a mais do que necessário ou não produzindo o suficiente.

Gráfico A.3 - Atraso na Produção após Serem Realizados Ajustes na Correção de Estoque



e  
Gráfico A.4 - Atrasos nos Ajustes dos Processos Produtivos



---

---

---

---

---

---

---

## Desafio Proposto

Opções para evitar os problemas

Existem algumas opções para estabilizar o ciclo de produção da empresa:

- Reduzir o **Tempo de Cobertura de Estoque** (para 1 mês, por exemplo)
- Reduzir o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** (para 4 meses, por exemplo)
- Reduzir o **Tempo para Ajustar o Estoque** (para 0.5 mês, por exemplo)

Vamos discutir o que acontece ao adotar-se cada uma das opções (Experimente avançando toda a simulação — 60 meses — e depois avance a simulação 12 meses até o fim dela para que o efeito de cada opção seja observada detalhadamente)

Utilizando o cenário base como exemplo, construa relatórios sobre os efeitos das três aplicações propostas — opções a, b e c — e justifique qual delas é a melhor alternativa para a empresa.

## Solução do Caso — Material reservado ao Professor

Qual o efeito da opção “a” para a produção da empresa?

Essa é a pior opção das três. Ela tem efeito limitado sobre a **Produção** da empresa, uma vez que ela afeta apenas indiretamente a **Força de Trabalho**. Assim mantidas as outras variáveis constantes, as curvas obtidas são praticamente similares as curvas do cenário base.

Além disso, essa opção gera falta de **Estoques** (*stock-out*), devido ao fato da empresa vender tudo o que é esperado pela demanda. Uma redução no tempo de **Cobertura de Estoque**, diminui a margem de segurança da empresa e não permite atender a demanda total do mercado. ESTA OPÇÃO NÃO RESULTA EM MELHORIAS OPERACIONAIS. A comparação dos gráficos obtida está disposta na Figura A.5.

Figura A.5 - Comparação entre Gráficos do Cenário Base e Opção "a"



Qual o Efeito da Opção “b” para a produção da empresa?

Observa-se nesta opção que reduzir o *Tempo de Ajuste da Força de Trabalho* em 2 meses produz resultados eficientes quanto ao efeito “chicote” reduzindo consideravelmente seu impacto nos estágios finais da simulação. Isto ocorre porque a *Força de Trabalho* sofre com menores oscilações neste período. Assim, como *Produção* é diretamente proporcional a *Força de Trabalho*, seus valores sofrem menores oscilações também. Estes resultados podem ser vistos na Figura A.6.

Figura A.6 – Comparação entre Gráficos do Cenário Base e Opção “b”

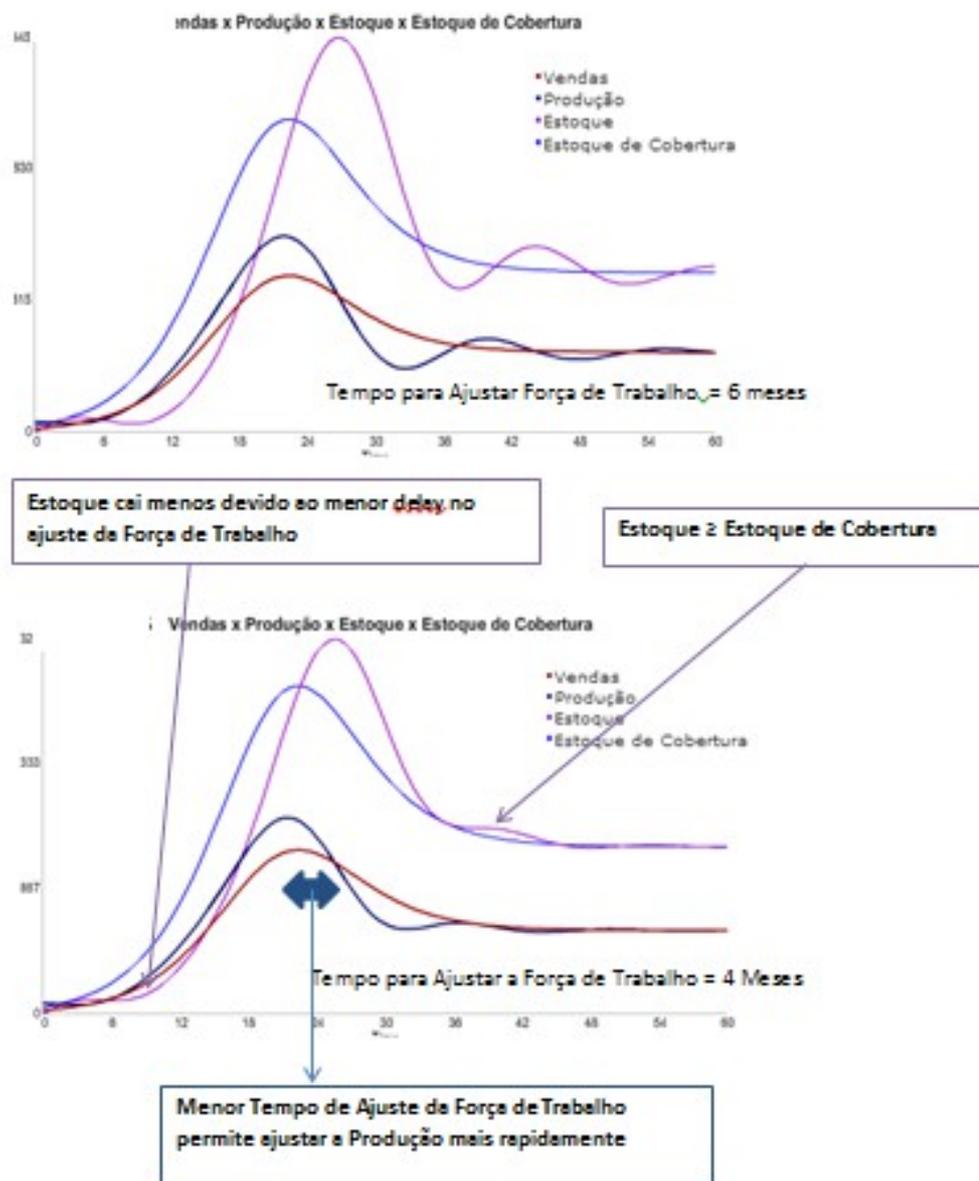


Redução no efeito "chicote" devido a diminuição do tempo para ajustar a Força de TRABALHO



Observe na Figura A.6 que a redução no *Tempo de Ajuste da Força de Trabalho* permite ajustar mais rapidamente a *Produção* após os níveis de *Estoque* ser superior aos níveis de *Estoque de Cobertura*. Desta maneira, a *Produção* começa a diminuir em períodos anteriores, evitando o pico de *Estoque* enfrentado no Cenário Base. Além disso, devido a este ajuste mais eficiente, os *Estoque*s nunca caem abaixo do *Estoque de Cobertura*, permitindo uma “estabilização” da *Produção* no estágio final do ciclo de difusão do produto (Figura A.7).

Figura A.7 – Comparação entre Gráfico de Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura do Cenário Base e Opção "b"



A alternativa b é, portanto, uma alternativa que, teoricamente, oferece uma solução ao problema de instabilidade produtiva da empresa. Um ponto que vai além do caso é o seguinte: será possível fazer, na prática, alguma ação que reduza o *Tempo para Ajustar a Força de Trabalho*, sabendo que o Brasil é um país burocrático que sofre com pesados regimentos trabalhistas?

Qual o efeito da Opção “e”?

Observa-se nesta opção que reduzir o *Tempo para Ajustar Estoque* para 0,5 mês produz resultados eficientes quanto ao efeito “chicote” reduzindo consideravelmente seu impacto nos estágios finais da simulação, assim como reduzir o *Tempo de Ajuste da Força de Trabalho*. O resultado pode ser observado na Figura A.8.

Figura A.8 – Comparação entre Gráficos do Cenário Base e Opção “e”



Redução no efeito "chicote" devido à redução no Tempo de Ajuste de Estoque

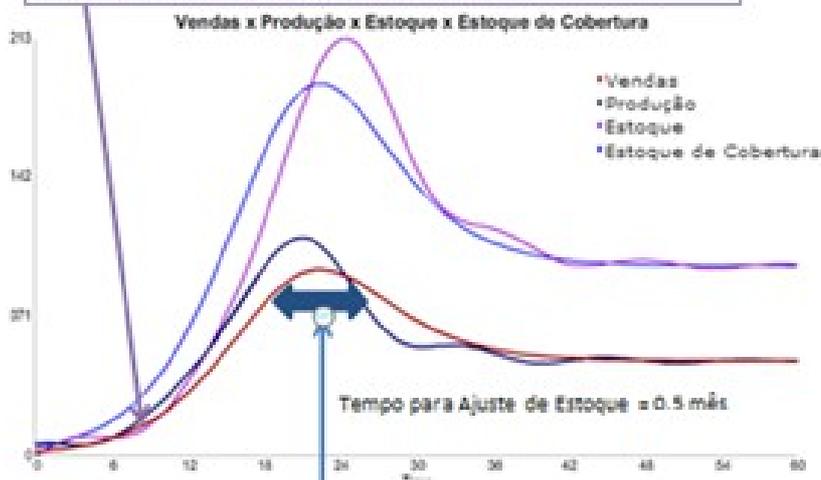


Observa-se na Figura A.8 que esta redução permite que na fase inicial o *Estoque* sofra uma redução menor do que nas opções anteriores quando *Vendas* começam a subir. Embora o retardo no *Ajuste da Força de Trabalho* seja o mesmo que no Cenário Base, o processo de ajuste da *Produção* é mais rápido devido ao reconhecimento mais eficiente do *Tempo de Ajuste do Estoque*. A Figura A.9 demonstra este efeito.

Figura A.9 – Comparação entre Gráfico de Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura do Cenário Base e Opção "e"



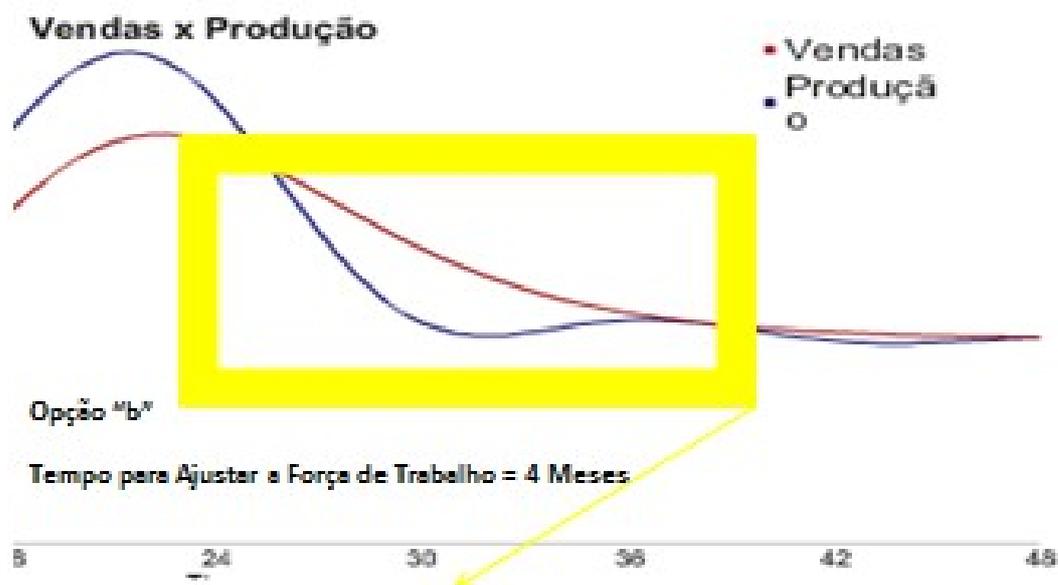
Menor flutuação no Estoque quando Vendas começam a crescer devido ao Menor Tempo de Ajuste de Estoque



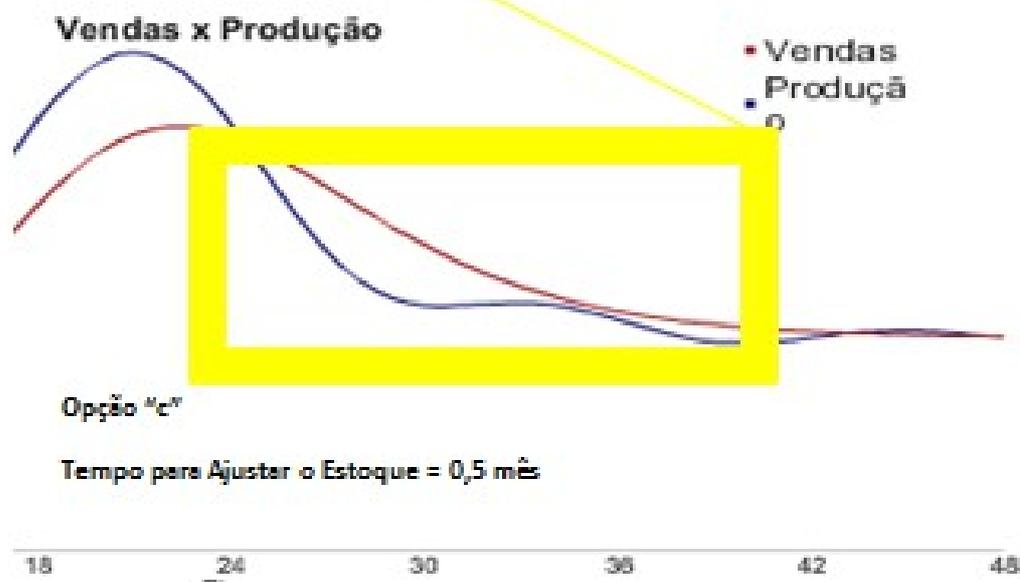
Delay no Ajuste da Produção é semelhante ao do Cenário Base. Entretanto, a Produção se ajusta mais rapidamente devido ao menor Tempo de Ajuste de Estoque.

A opção “e” é, assim como a opção “b”, uma alternativa que, teoricamente, oferece uma solução ao problema de instabilidade produtiva da empresa. Ao corrigir o **Tempo para Ajustar o Estoque** de maneira mais agressiva, o sistema constrói estoque de maneira mais rápida e responde de maneira mais eficiente a demanda do mercado. Entretanto, entre os meses 24 e 30, a curva é mais instável do que a curva observada na opção “b”. Como consequência, existe uma instabilidade nas fases finais da curva de **Produção** da opção “e”. A Figura A.10 demonstra esse efeito.

Figura A.10 – Comparação da variação encontrada fases finais da simulação entre opções “b” e “e”



Menor Variação encontrada na opção "b"



### **Caso: Lançamento Novo Sabor de Refrigerante**

**Link para Simulação:** <https://forio.com/simulate/victor.shimabukuro023/cvp>

#### **Introdução**

Você está envolvido no processo de lançamento de um novo sabor de refrigerantes de uma empresa. A empresa está receosa, pois não teve experiências boas nas últimas tentativas de lançamentos de novos sabores a linha de produtos existentes. Embora a gestão culpe o mercado pelos resultados negativos, você acredita que existem erros no processo produtivo que podem ser melhorados de maneira a melhor ajustar a produção da empresa com a demanda prevista do mercado.

A empresa não possui problemas financeiros e reservou uma quantidade suficiente de caixa para investir em oportunidades que permitam a expansão do negócio no concorrido mercado de refrigerantes brasileiro.

Entretanto, o último lançamento da companhia gerou perdas consideráveis a companhia. A gestão da empresa acredita que a instabilidade da demanda do mercado e as condições macroeconômicas são as responsáveis por esses resultados. Você não concorda com esta opinião já que, após analisar dados históricos da empresa e do mercado, percebeu que vendas são mais estáveis que o processo de produção da empresa. Para investigar os motivos desta instabilidade, você montou um modelo simples de demanda e produção da empresa para auxiliar no processo de tomada de decisão do lançamento do novo sabor de refrigerante.

### **Levantamento das Variáveis**

Para entender o que está acontecendo você mapeou a áreas de marketing e operações da empresa com objetivo de construir uma simulação computacional para ajudar a explicar as razões para as falhas produtivas da empresa.

### **Marketing**

Para as variáveis de marketing, considerou-se o processo de difusão do uso de um novo produto. Segundo a teoria, são dois tipos de consumidores que irão determinar a forma como a demanda irá crescer. O primeiro tipo, chamado de “inovador”, decide adotar o produto de forma independente, ou seja, não recebe influência de outros consumidores. Este tipo de consumidor é motivado basicamente pelo processo de comunicação de massa. O segundo tipo, chamados “imitador”, recebe influência do meio social e dos outros consumidores que já utilizaram o produto (boca a boca).

Para construção da simulação, tratam-se estes dois tipos de consumidores por meio de variáveis referentes ao ambiente de marketing. Portanto, foram consideradas duas variáveis nesta categoria para representar o efeito da propaganda e divulgação sobre a aceitação do produto e determinação da curva de demanda. A primeira variável é **Efetividade da Propaganda** – e a segunda variável é **Efetividade do Boca a Boca**. Os valores destas variáveis são parâmetros definidos inicialmente em 0,275 e 0,015, respectivamente. O intervalo de variação é de 0 a 1.

Estas variáveis afetam a adoção do produto dentro de um sistema. Quanto mais pessoas utilizam o produto, maior o número de usuários e, conseqüentemente, maior é o volume de **Vendas (Demanda)** estimado para o período.

Foram definidas algumas **constantes** para o modelo: “População Total” no valor de 10.000.000 de pessoas, e “Vida Média do Produto” no valor 24 meses.

### **Operações**

O lado de operações (produção) da empresa é representado no modelo por três variáveis que podem ser controladas a fim de ajustar a quantidade produzida com a quantidade demandada pelos consumidores. Atribui-se a estas três variáveis a categoria de “operacionais”, ou seja, ligadas à parte operacional da empresa. A primeira delas é **Tempo de Ajuste do Estoque**, a segunda é **Tempo de Cobertura de Estoque** e a última é o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**. A relação entre as variáveis, o processo de produção e estoque, bem como a utilização da força de trabalho geram a curva de produção da empresa.

Para simplificar a simulação, assume-se que produção é diretamente proporcional a quantidade de trabalhadores disponíveis a empresa. Assim, quanto maior a Força de Trabalho da empresa, maior a sua capacidade produtiva. Desta maneira, não há

necessidade em se preocupar com investimentos de longo de prazo e capacidade.

### **Força de Trabalho de Produção**

No curto prazo, para aumentar a produção, aumenta-se a Força de Trabalho da empresa. Entretanto, problemas aparecem neste processo de ajuste da Força de Trabalho. O tempo necessário para encontrar novos trabalhadores e demitir aqueles em excesso é representado pela variável **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**. Inicialmente, seu valor é de 6 (seis) meses. Se o valor desta variável for menor, o processo de Admissão de trabalhadores na Força de Trabalho acontece com maior rapidez e o nível de produção aumenta para o período. Cada trabalhador possui a mesma **Produtividade**, portanto não há diferenças entre trabalhadores dentro da **Força de Trabalho**. A **Produtividade** é uma constante no valor de 1000 unidades/(Trabalhador\*Mês).

### **Estoque e Produção**

O modelo reconhece, até este momento, a quantidade de **Produção** e **Vendas** ou **Entregas** que deve fazer por período. Entretanto, falta abordar um importante componente: Estoque. Para refinar os valores do Estoque são necessárias duas variáveis: **Tempo de Ajuste do Estoque** e **Tempo de Cobertura de Estoque**. A última representa o tempo desejado pela empresa para manter estoque adicional com objetivo de se proteger contra eventuais incertezas de demanda. O primeiro representa o tempo necessário para que sejam notados mudanças no estoque e possam ser feitas correções no processo de produção.

Baseando-se em **Vendas** estimadas para o período, define-se um valor esperado para o Estoque (influenciadas pelas variáveis do parágrafo anterior) da empresa que, por sua vez, influencia a **Produção Pretendida** para o período.

O anexo I, disponível ao fim deste caso, traz informações sobre quais são as equações de cada variável, bem como duas figuras com resumos das variáveis de operações e de marketing.

### **Simulação Desenvolvida**

Foram desenvolvidas 4 (quatro) perspectivas na simulação: “Introdução” (Figura A.1), “Decisões” (Figura A.2), “Gráficos Auxiliares” (Figura A.3) e “Explore o Modelo” (Figura A.4).

A tela “Decisões” concentra todas as decisões referentes ao processo produtivo da empresa. As variáveis de marketing – “efetividade da propaganda” e “efetividade da boca a boca” - devem ser consideradas como constantes. As variáveis operacionais – **Tempo de Cobertura de Estoque, Tempo para Ajustar o Estoque e Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** – estão disponíveis para serem alteradas pelos usuários da simulação. Os valores presentes na Figura A.2 são os valores exercidos atualmente pela companhia. Tal combinação é denominada “Cenário Base”.

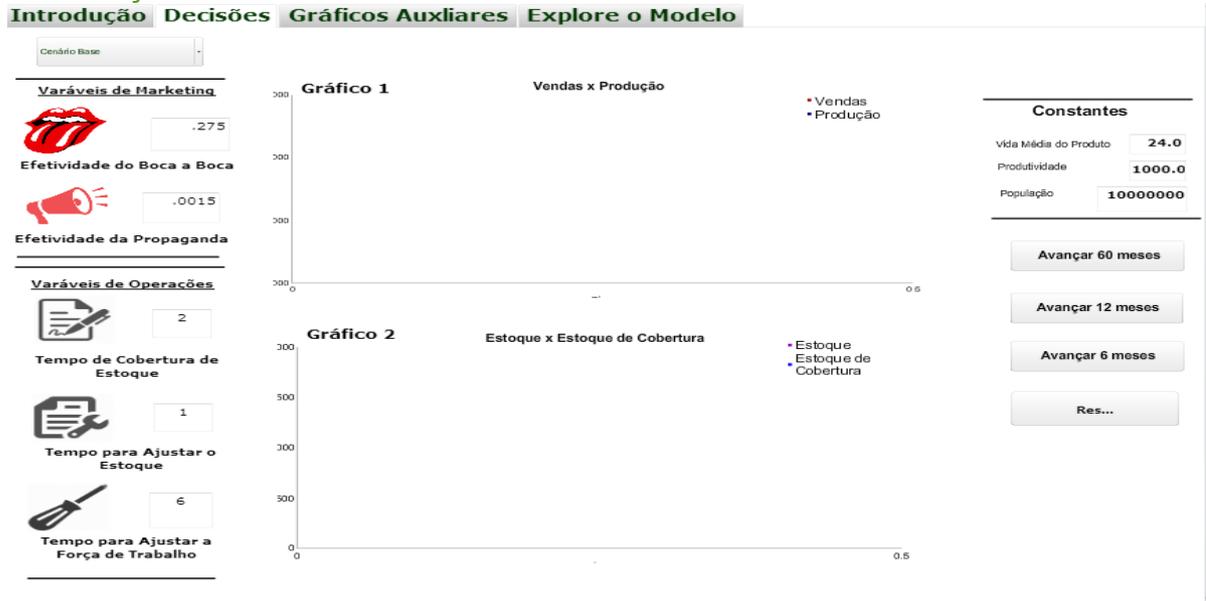
O eixo de todos os gráficos é o Tempo, que vai de 0 a 60 meses. O Gráfico A.1 representa a curva de Vendas e Produção e o Gráfico A.2 representa a curva de Estoque e Cobertura de Estoque. Ambos serão utilizados para análise da cadeia produtiva da companhia.

Figura A.11 – Introdução: A tela de “Introdução” traz um pequeno resumo do problema enfrentado pela empresa de refrigerantes e explicações resumidas das variáveis utilizadas na simulação.



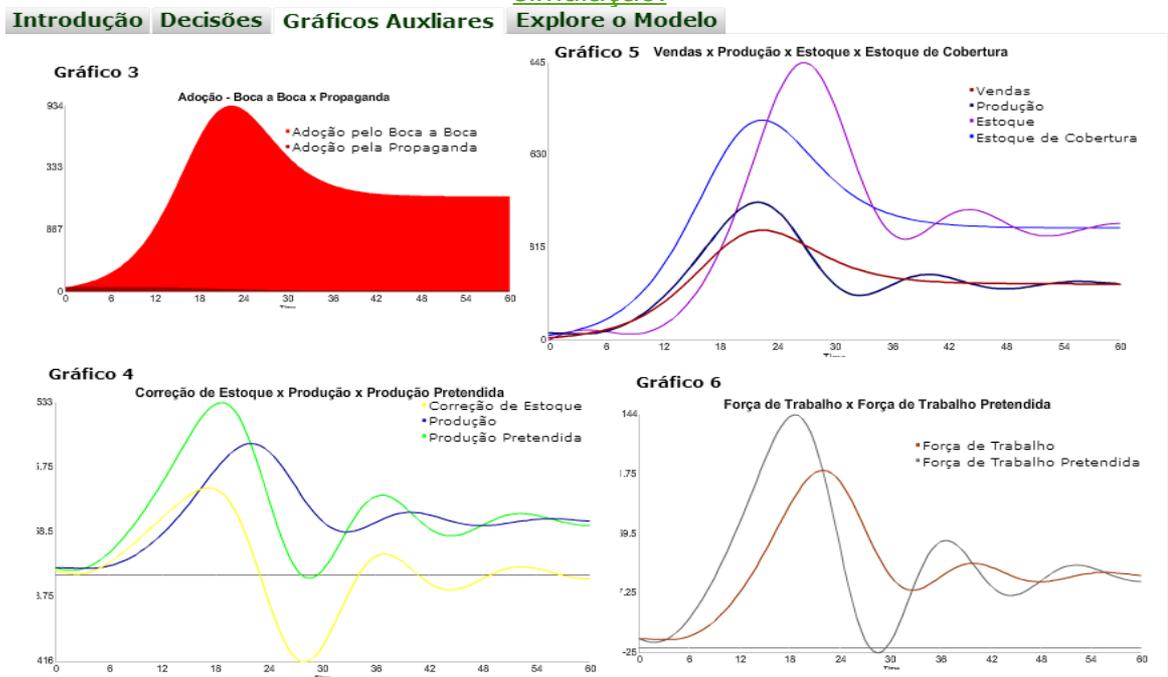
Fonte: Autor

Figura A.12 –Esta tela contém informações acerca das variáveis constantes do modelo: População Total, Vida Média do Produto e Produtividade. Pode-se avançar indefinidamente a simulação por 60 meses ou por etapas (6 ou 12 meses). Ou seja, podem ser elaborados simulações com 1, 5 ou 10 rodadas. O botão “Reset” reinicia a simulação



Fonte: Autor

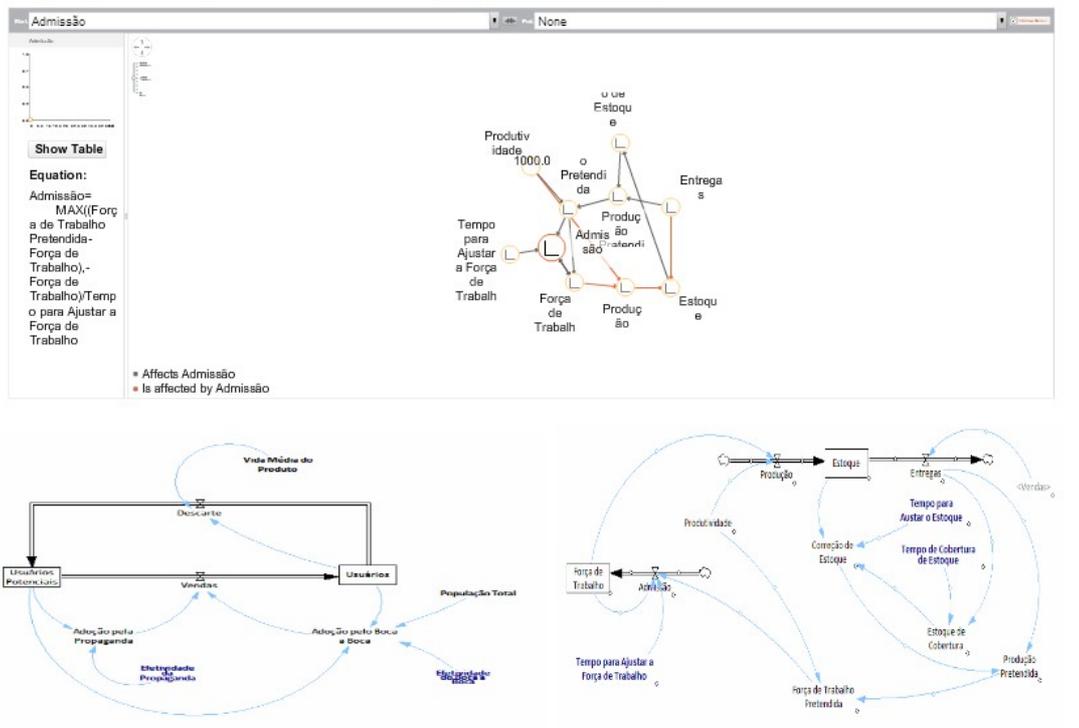
Figura A. 13 - A tela “Gráficos Auxiliares” fornece informações adicionais sobre a simulação.



Fonte: Autor

Figura A.14 - A tela “Explore o modelo” traz explicações sobre os diagramas de fluxos e estoques de marketing e operações, bem como explicações sobre como as variáveis se relacionam umas com as outras.

Introdução Decisões Gráficos Auxiliares Explore o Modelo



Fonte: Autor

### Exemplo da Simulação utilizando o Cenário Base

#### Cenário Base

Efetividade da Propaganda = 0,015/Mês

Efetividade do Boca a Boca = 0,275/Mês

Tempo para Ajustar o Estoque = 1 Mês

Tempo de Cobertura de Estoque = 2 Meses

Tempo para Ajustar a Força de Trabalho = 6 Meses

O Gráfico A.1 representa a curva de **Vendas** e **Produção** para o cenário base. Esta relação permite observar a instabilidade da produção da empresa em relação ao mercado. As curvas observadas neste cenário base estão dispostas no gráfico 1. Repare no “efeito chicote” ao final do gráfico. Ele é definido como a distorção da percepção da oferta ao longo da cadeia de suprimentos na qual a variância da produção do fornecedor é diferente da demanda observada pelo vendedor. Assim, a curva de produção apresenta momentos em que a produção é maior que os produtos vendidos, resultando em estoques e perdas de produtos e momentos em

que a **Produção** é inferior ao número de **Vendas** resultando em falta de estoques e produtos no ponto de venda ao consumidor.

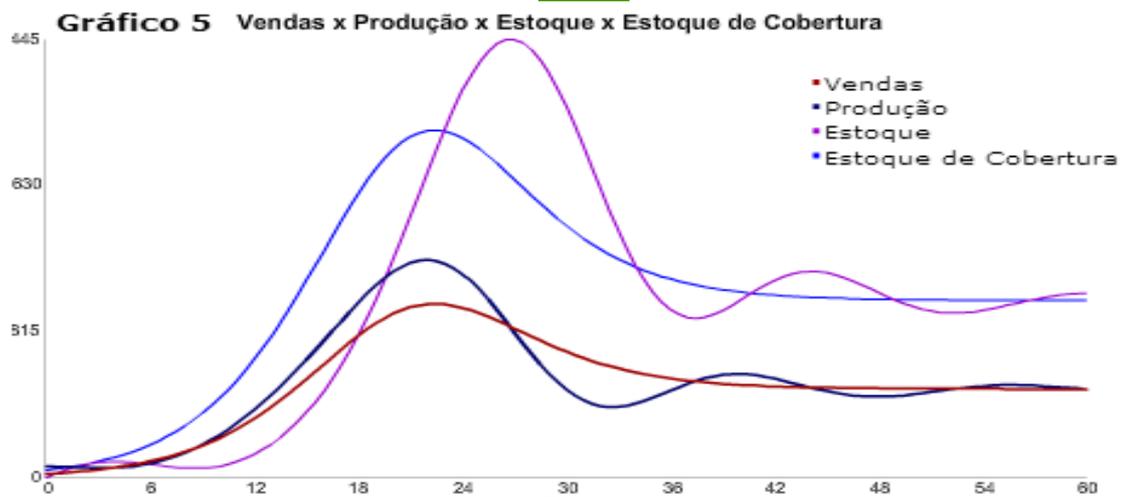
Gráfico A.7 - Vendas x Produção no Cenário Base



O Gráfico A.2 oferece mais informações sobre o motivo destas oscilações. Inicialmente, quando **Vendas** começam a crescer, o **Estoque** cai porque **Vendas** excedem a **Produção**. A **Produção**, então, gradualmente cresce porque **Estoque de Cobertura** cresce com as **Vendas**. Entretanto, existe um atraso de 6 meses – resultado da Variável **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** - devido a necessidade de ajustar a **Força de Trabalho**. No 12º mês, **Produção** > **Vendas**, e o **Estoque** começa a crescer.

Se o **Estoque** cresce, a **Produção** cresce também. Enquanto **Estoque** < **Estoque de Cobertura** haverá pressão para aumentar a **Produção**, mesmo quando a **Produção** exceder as **Vendas**. Note que, mesmo quando **Estoque** = **Estoque de Cobertura**, **Produção** > **Vendas** devido ao número excessivo de membros na **Força de Trabalho**, resultando no aumento contínuo no **Estoque**.

Gráfico A.8 - Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura – Oscilação inicial

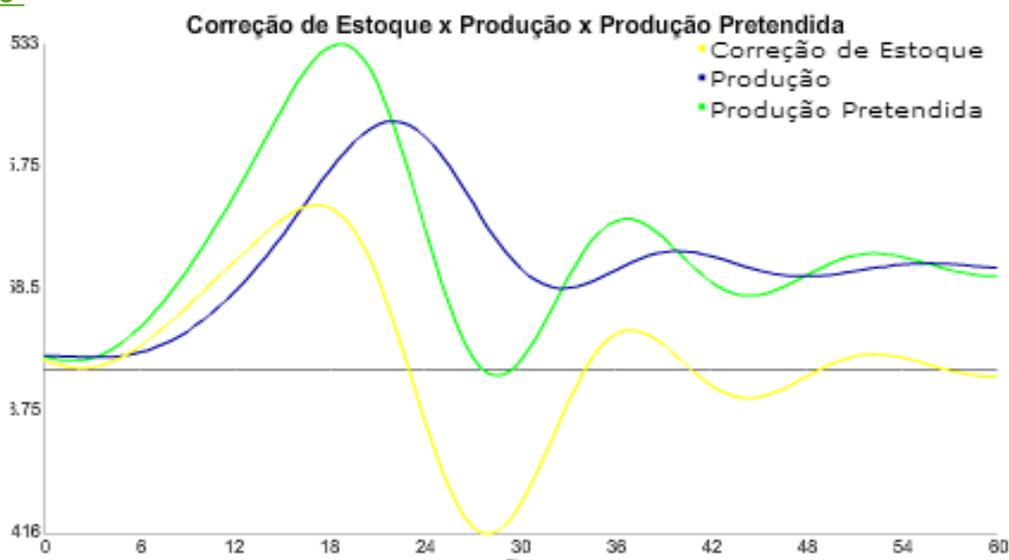


Somente quando o **Estoque** for maior que o **Estoque de Cobertura** é que a **Produção** começa a diminuir. Como efeito, nota-se que se produzem mais refrigerantes que o necessário para cobrir as **Vendas**, resultando em períodos com excesso de estoque. O **Tempo para ajuste na Força de Trabalho** não permite que este processo de **Correção de Estoque** e **Produção** seja efetuado de maneira mais eficiente.

Note também que **Correção de Estoque** (Gráfico A.3), tem um importante impacto na **Produção**. O processo de **Ajuste da Correção do Estoque** é rápido. Ou seja, nota-se que existe uma produção excessiva acima do nível de **Vendas** e que isso precisa ser corrigido. Logo após se igualar aos níveis de **Produção**, a curva de **Correção de Estoque** começa a declinar, com objetivo tentar diminuir a **Produção**. Entretanto, devido aos atrasos no **Ajuste da Força de Trabalho**, durante 6 meses a empresa continua a produzir e adicionar produtos ao **Estoque**, enquanto diminuí a **Força de Trabalho**.

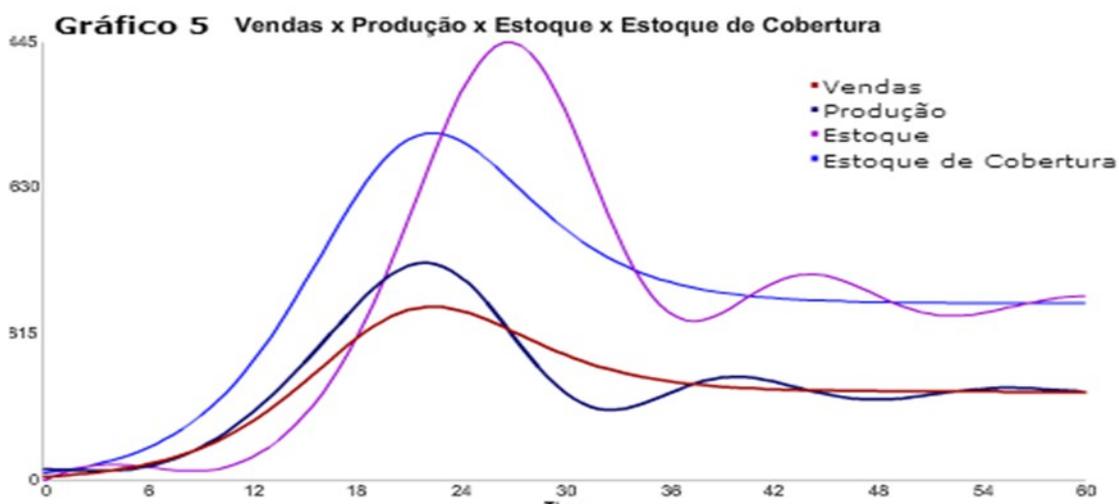
Os atrasos no **Ajuste da Força de Trabalho** ocasionam momentos de **Produção** em níveis excessivos a quantidade de **Vendas**, elevando **Estoques**, devido à demora no processo de diminuição da **Força de Trabalho**. Ou, ao contrário, quando o **Estoque** está abaixo do **Estoque de Cobertura**, existe um retardo para elevar a **Produção** acima do nível de **Vendas**. Isto se torna um círculo vicioso, no qual empresa está sempre produzindo a mais do que necessário ou não produzindo o suficiente. Gráfico A.4 resume os atrasos encontrados no processo produtivo da empresa

Gráfico A.3 - Atraso na Produção após Serem Realizados Ajustes na Correção de Estoque



## Gráfico A. 4 - Atrasos nos Ajustes dos Processos Produtivos

C



### Desafio Proposto

#### Opções para evitar os problemas

Existem algumas opções para estabilizar o ciclo de produção da empresa:

- Reduzir o **Tempo de Cobertura de Estoque** (para 1 mês, por exemplo)
- Reduzir o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** (para 4 meses, por exemplo)
- Reduzir o **Tempo para Ajustar o Estoque** (para 0.5 mês, por exemplo)

Vamos discutir o que acontece ao adotar-se cada uma das opções (Experimente avançando toda a simulação – 60 meses – e depois avance a simulação 12 meses até o fim dela para que o efeito de cada opção seja observada detalhadamente)

Utilizando o cenário-base como exemplo, construa relatórios sobre os efeitos das três aplicações propostas – opções a, b e c – e justifique qual delas é a melhor

alternativa para a empresa.

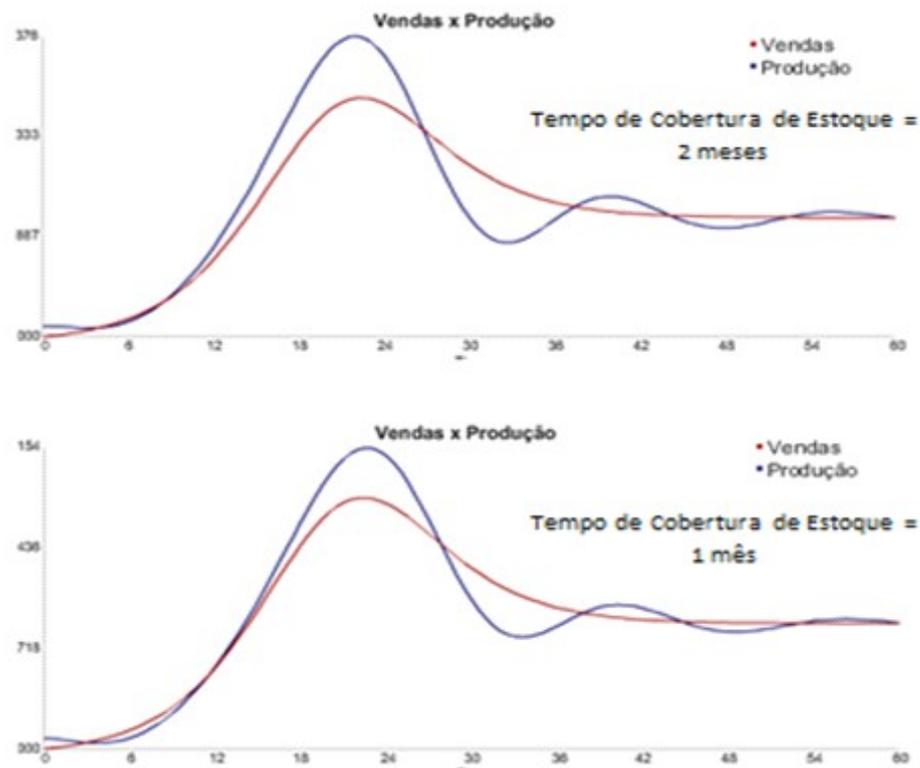
### Solução do Caso – Material reservado ao Professor

#### Qual o efeito da opção “a” para a produção da empresa?

Essa é a pior opção das três. Ela tem efeito limitado sobre a **Produção** da empresa, uma vez que ela afeta apenas indiretamente a **Força de Trabalho**. Assim mantidas as outras variáveis constantes, as curvas obtidas são praticamente similares as curvas do cenário base.

Além disso, essa opção gera falta de **Estoques** (*stock-out*), devido ao fato da empresa vender tudo o que é esperado pela demanda. Uma redução no tempo de **Cobertura de Estoque**, diminui a margem de segurança da empresa e não permite atender a demanda total do mercado. ESTA OPÇÃO NÃO RESULTA EM MELHORIAS OPERACIONAIS. A comparação dos gráficos obtida está disposta na Figura A.5.

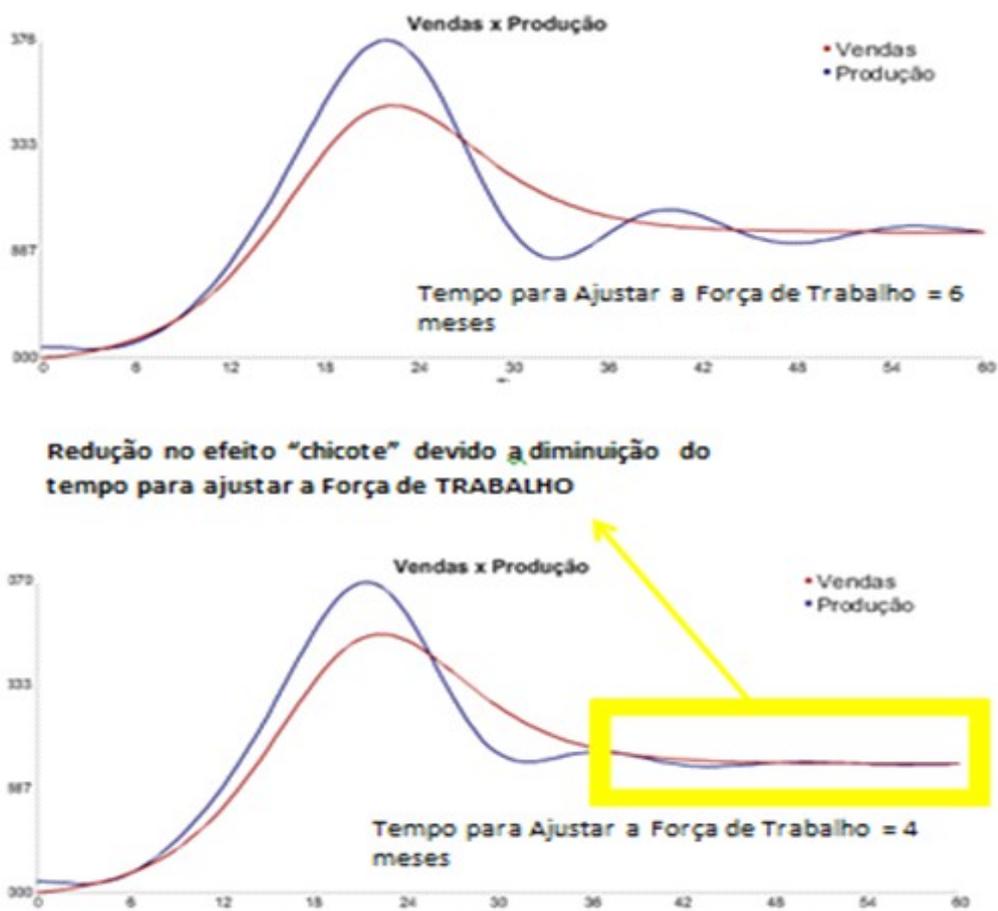
Figura A.5 - Comparação entre Gráficos do Cenário Base e Opção "a"



#### Qual o Efeito da Opção “b” para a produção da empresa?

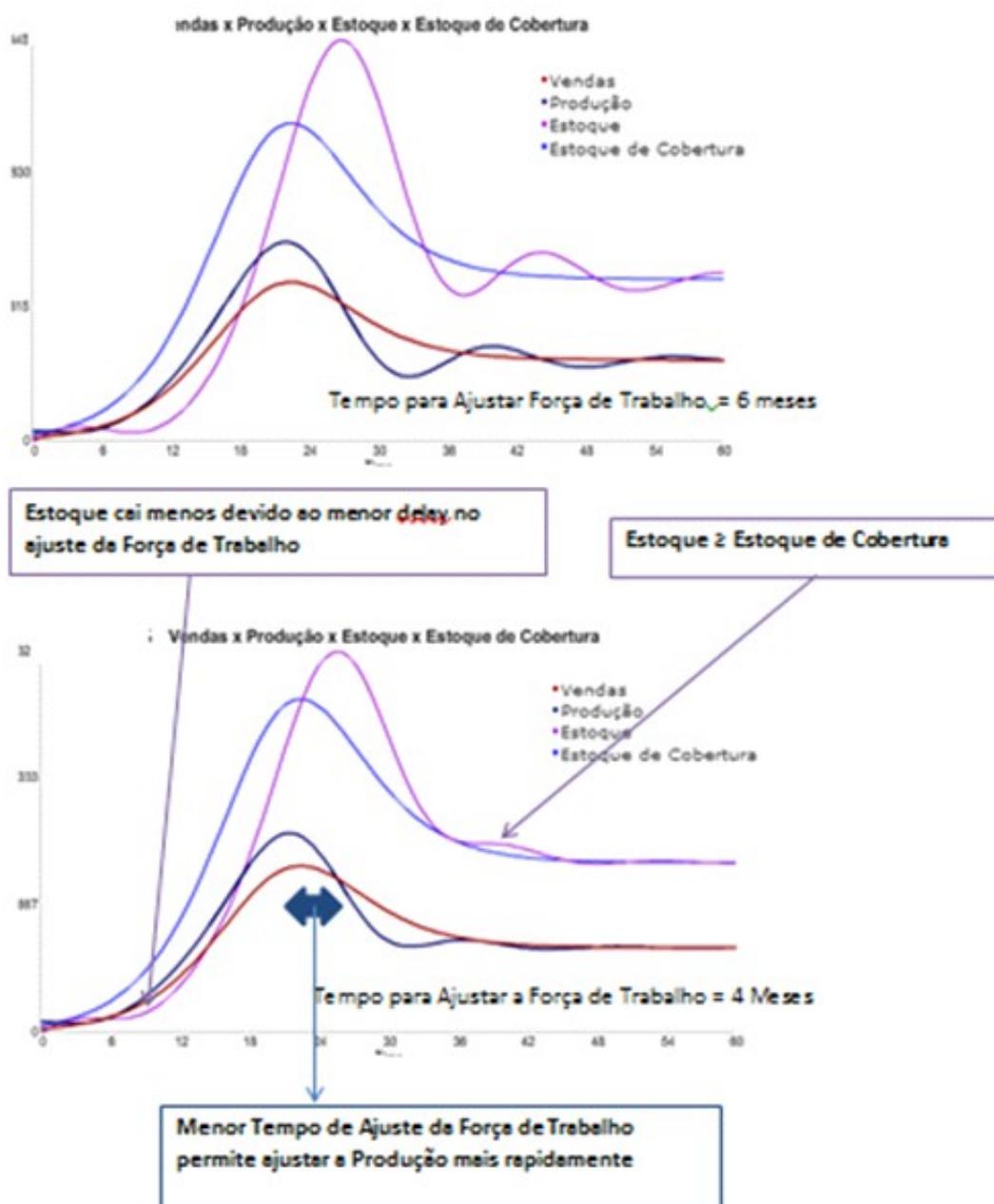
Observa-se nesta opção que reduzir o **Tempo de Ajuste da Força de Trabalho** em 2 meses produz resultados eficientes quanto ao efeito “chicote” reduzindo consideravelmente seu impacto nos estágios finais da simulação. Isto ocorre porque a **Força de Trabalho** sofre com menores oscilações neste período. Assim, como **Produção** é diretamente proporcional a **Força de Trabalho**, seus valores sofrem menores oscilações também. Estes resultados podem ser vistos na Figura A.6.

Figura A.6 - Comparação entre Gráficos do Cenário Base e Opção "b"



Observe na Figura A.6 que a redução no **Tempo de Ajuste da Força de Trabalho** permite ajustar mais rapidamente a **Produção** após os níveis de **Estoque** ser superior aos níveis de **Estoque de Cobertura**. Desta maneira, a **Produção** começa a diminuir em períodos anteriores, evitando o pico de **Estoque** enfrentado no Cenário Base. Além disso, devido a este ajuste mais eficiente, os **Estoque**s nunca caem abaixo do **Estoque de Cobertura**, permitindo uma “estabilização” da **Produção** no estágio final do ciclo de difusão do produto (Figura A.7).

Figura A.7 - Comparação entre Gráfico de Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura do Cenário Base e Opção "b"



A alternativa b é, portanto, uma alternativa que, teoricamente, oferece uma solução ao problema de instabilidade produtiva da empresa. Um ponto que vai além do caso é o seguinte: será possível fazer, na prática, alguma ação que reduza o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**, sabendo que o Brasil é um país burocrático que sofre com pesados regimentos trabalhistas?

**Qual o efeito da Opção "c"?**

Observa-se nesta opção que reduzir o **Tempo para Ajustar Estoque** para 0,5 mês produz resultados eficientes quanto ao efeito "chicote" reduzindo consideravelmente seu impacto nos estágios finais da simulação, assim como reduzir o **Tempo de Ajuste da Força de Trabalho**. O resultado pode ser observado na Figura A.8.

Figura A.8 - Comparação entre Gráficos do Cenário Base e Opção "c"

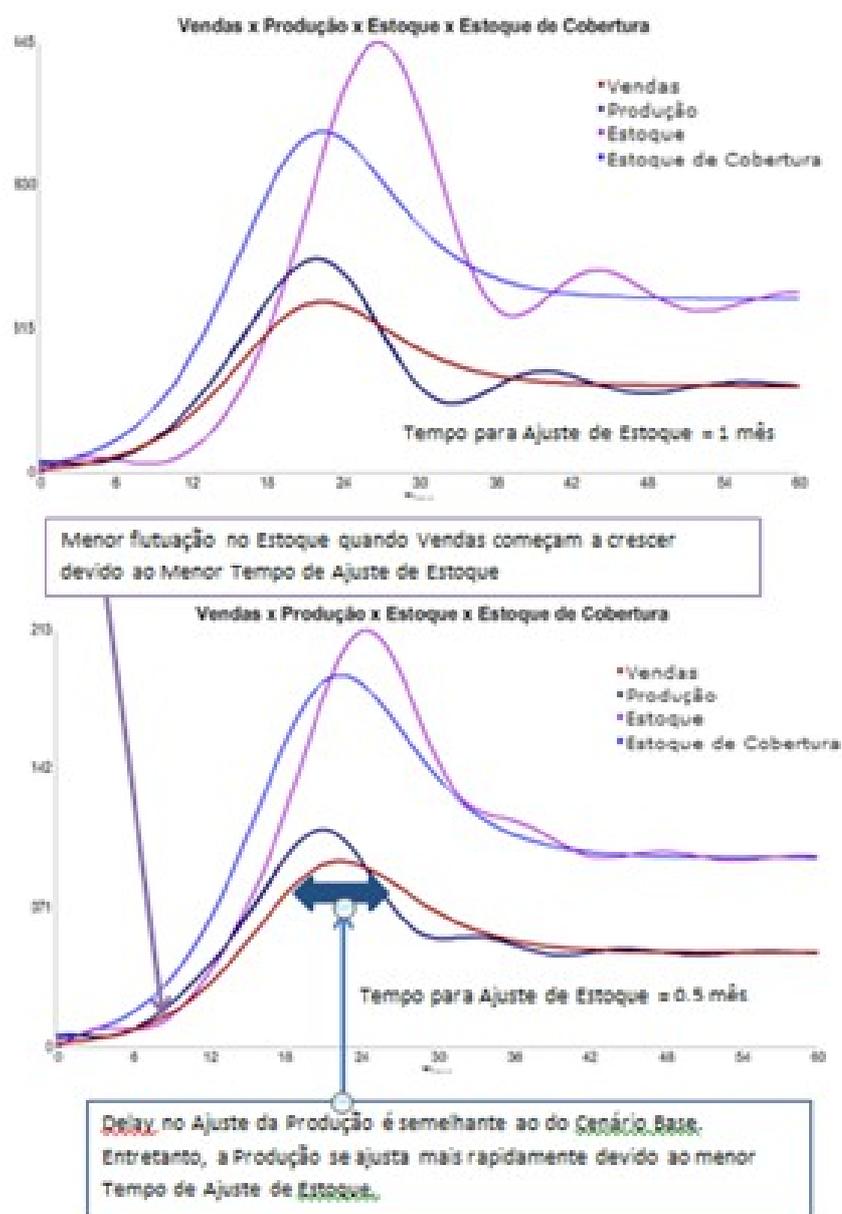


Redução no efeito "chicote" devido à redução no Tempo de Ajuste de Estoque



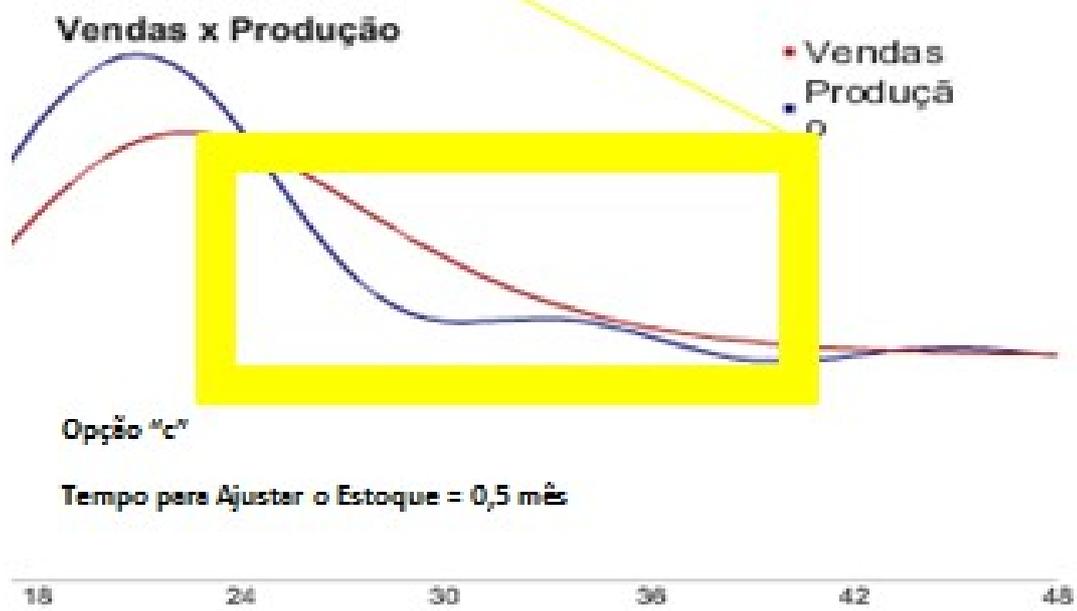
Observa-se na Figura A. 8 que esta redução permite que na fase inicial o **Estoque** sofra uma redução menor do que nas opções anteriores quando **Vendas** começam a subir. Embora o retardo no **Ajuste da Força de Trabalho** seja o mesmo que no Cenário Base, o processo de ajuste da **Produção** é mais rápido devido ao reconhecimento mais eficiente do **Tempo de Ajuste do Estoque**. A Figura 9 demonstra este efeito.

Figura A.9 - Comparação entre Gráfico de Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura do Cenário Base e Opção "c"



A opção "c" é, assim como a opção "b", uma alternativa que, teoricamente, oferece uma solução ao problema de instabilidade produtiva da empresa. Ao corrigir o **Tempo para Ajustar o Estoque** de maneira mais agressiva, o sistema constrói estoque de maneira mais rápida e responde de maneira mais eficiente a demanda do mercado. Entretanto, entre os meses 24 e 30, a curva é mais instável do que a curva observada na opção "b". Como consequência, existe uma instabilidade nas fases finais da curva de **Produção** da opção "c". A Figura A.10 demonstra esse efeito.

Figura A. 10 - Comparação da variação encontrada fases finais da simulação entre opções "b" e "c"



Apêndice B – Alunos – Caso | Lançamento de Produtos na Fábrica de Refrigerantes  
**Caso: Lançamento Novo Sabor de Refrigerante**  
 Link para Simulação: <https://forio.com/simulate/victor.shimabukuro023/cvp>

## Introdução

Você está envolvido no processo de lançamento de um novo sabor de refrigerantes de uma empresa. A empresa está receosa, pois não teve experiências boas nas últimas tentativas de lançamentos de novos sabores a linha de produtos existentes. Embora a gestão culpe o mercado pelos resultados negativos, você acredita que existem erros no processo produtivo que podem ser melhorados de maneira a melhor ajustar a produção da empresa com a demanda prevista do mercado.

A empresa não possui problemas financeiros e reservou uma quantidade suficiente de caixa para investir em oportunidades que permitam a expansão do negócio no concorrido mercado de refrigerantes brasileiro.

Entretanto, o último lançamento da companhia gerou perdas consideráveis a companhia. A gestão da empresa acredita que a instabilidade da demanda do mercado e as condições macroeconômicas são as responsáveis por esses resultados. Você não concorda com esta opinião já que, após analisar dados históricos da empresa e do mercado, percebeu que vendas são mais estáveis que o processo de produção da empresa. Para investigar os motivos desta instabilidade, você montou um modelo simples de demanda e produção da empresa para auxiliar no processo de tomada de decisão do lançamento do novo sabor de refrigerante.

## Levantamento das Variáveis

Para entender o que está acontecendo você mapeou a áreas de marketing e operações da empresa com objetivo de construir uma simulação computacional para ajudar a explicar as razões para as falhas produtivas da empresa.

## Marketing

Para as variáveis de marketing, considerou-se o processo de difusão do uso de um novo produto. Segundo a teoria, são dois tipos de consumidores que irão determinar a forma como a demanda irá crescer. O primeiro tipo, chamado de “inovador”, decide adotar o produto de forma independente, ou seja, não recebe influência de outros consumidores. Este tipo de consumidor é motivado basicamente pelo processo de comunicação de massa. O segundo tipo, chamados “imitador”, recebe influência do meio social e dos outros consumidores que já utilizaram o produto (boca a boca).

Para construção da simulação, tratam-se estes dois tipos de consumidores por meio de variáveis referentes ao ambiente de marketing. Portanto, foram consideradas duas variáveis nesta categoria para representar o efeito da propaganda e divulgação sobre a aceitação do produto e determinação da curva de demanda. A primeira variável é **Efetividade da Propaganda** – e a segunda variável é **Efetividade do Boca a Boca**. Os valores destas variáveis são parâmetros definidos inicialmente em 0,275 e 0,015, respectivamente. O intervalo de variação é de 0 a 1.

Estas variáveis afetam a adoção do produto dentro de um sistema. Quanto mais pessoas utilizam o produto, maior o número de usuários e, conseqüentemente, maior é o volume de **Vendas (Demanda)** estimado para o período.

Foram definidas algumas **constantes** para o modelo: “População Total” no valor de 10.000.000 de pessoas, e “Vida Média do Produto” no valor 24 meses.

## Operações

O lado de operações (produção) da empresa é representado no modelo por três variáveis que podem ser controladas a fim de ajustar a quantidade produzida com a quantidade demandada pelos consumidores. Atribui-se a estas três variáveis a categoria de “operacionais”, ou seja, ligadas à parte operacional da empresa. A

primeira delas é **Tempo de Ajuste do Estoque**, a segunda é **Tempo de Cobertura de Estoque** e a última é o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**. A relação entre as variáveis, o processo de produção e estoque, bem como a utilização da força de trabalho geram a curva de produção da empresa.

Para simplificar a simulação, assume-se que produção é diretamente proporcional a quantidade de trabalhadores disponíveis a empresa. Assim, quanto maior a Força de Trabalho da empresa, maior a sua capacidade produtiva. Desta maneira, não há necessidade em se preocupar com investimentos de longo de prazo e capacidade.

### **Força de Trabalho de Produção**

No curto prazo, para aumentar a produção, aumenta-se a Força de Trabalho da empresa. Entretanto, problemas aparecem neste processo de ajuste da Força de Trabalho. O tempo necessário para encontrar novos trabalhadores e demitir aqueles em excesso é representado pela variável **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho**. Inicialmente, seu valor é de 6 (seis) meses. Se o valor desta variável for menor, o processo de Admissão de trabalhadores na Força de Trabalho acontece com maior rapidez e o nível de produção aumenta para o período. Cada trabalhador possui a mesma **Produtividade**, portanto não há diferenças entre trabalhadores dentro da **Força de Trabalho**. A **Produtividade** é uma constante no valor de 1000 unidades/(Trabalhador\*Mês).

### **Estoque e Produção**

O modelo reconhece, até este momento, a quantidade de **Produção** e **Vendas** ou **Entregas** que deve fazer por período. Entretanto, falta abordar um importante componente: Estoque. Para refinar os valores do Estoque são necessárias duas variáveis: **Tempo de Ajuste do Estoque** e **Tempo de Cobertura de Estoque**. A última representa o tempo desejado pela empresa para manter estoque adicional com objetivo de se proteger contra eventuais incertezas de demanda. O primeiro representa o tempo necessário para que sejam notados mudanças no estoque e possam ser feitas correções no processo de produção.

Baseando-se em **Vendas** estimadas para o período, define-se um valor esperado para o Estoque (influenciadas pelas variáveis do parágrafo anterior) da empresa que, por sua vez, influencia a **Produção Pretendida** para o período.

O anexo I, disponível ao fim deste caso, traz informações sobre quais são as equações de cada variável, bem como duas Figura B.s com resumos das variáveis de operações e de marketing.

### **Simulação Desenvolvida**

Foram desenvolvidas 4 (quatro) perspectivas na simulação: “Introdução” (Figura B. 1), “Decisões” (Figura B. 2), “Gráficos Auxiliares” (Figura B. 3) e “Explore o Modelo” (Figura B. 4).

A tela “Decisões” concentra todas as decisões referentes ao processo produtivo da empresa. As variáveis de marketing – “efetividade da propaganda” e “efetividade da boca a boca” - devem ser consideradas como constantes. As variáveis operacionais – **Tempo de Cobertura de Estoque**, **Tempo para Ajustar o Estoque** e **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** – estão disponíveis para serem alteradas pelos usuários da simulação. Os valores presentes na Figura B. 2 são os valores exercidos atualmente pela companhia. Tal combinação é denominada “Cenário Base”.

O eixo de todos os gráficos é o Tempo, que vai de 0 a 60 meses. O Gráfico B. 1 representa a curva de Vendas e Produção e o Gráfico B. 2 representa a curva de

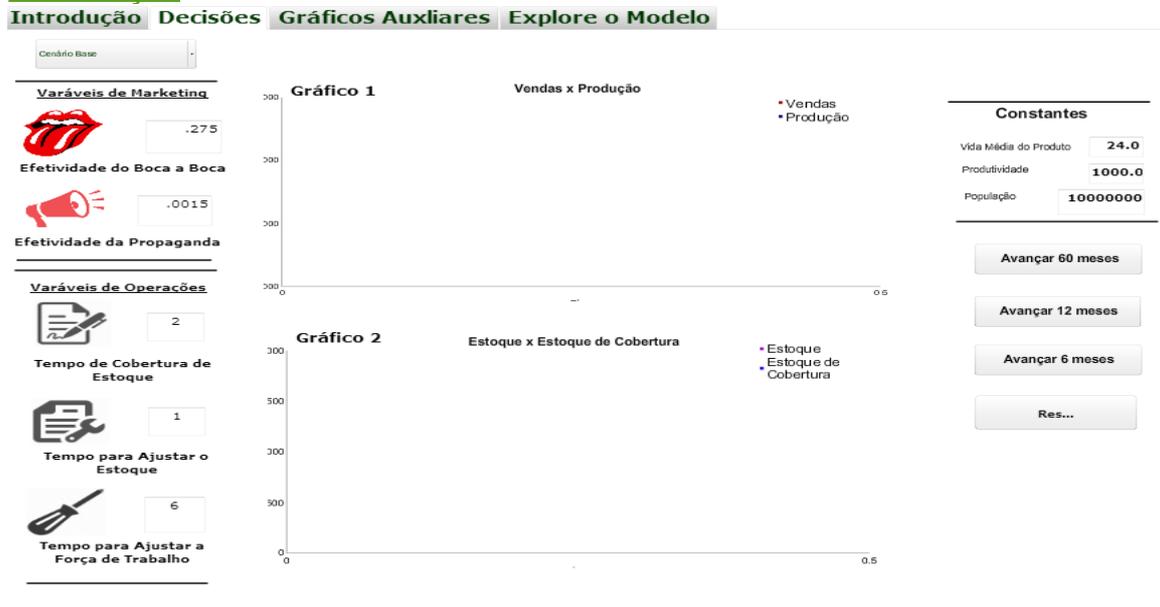
Estoque e Cobertura de Estoque. Ambos serão utilizados para análise da cadeia produtiva da companhia.

Figura B. 15 – Introdução: A tela de “Introdução” traz um pequeno resumo do problema enfrentado pela empresa de refrigerantes e explicações resumidas das variáveis utilizadas na simulação



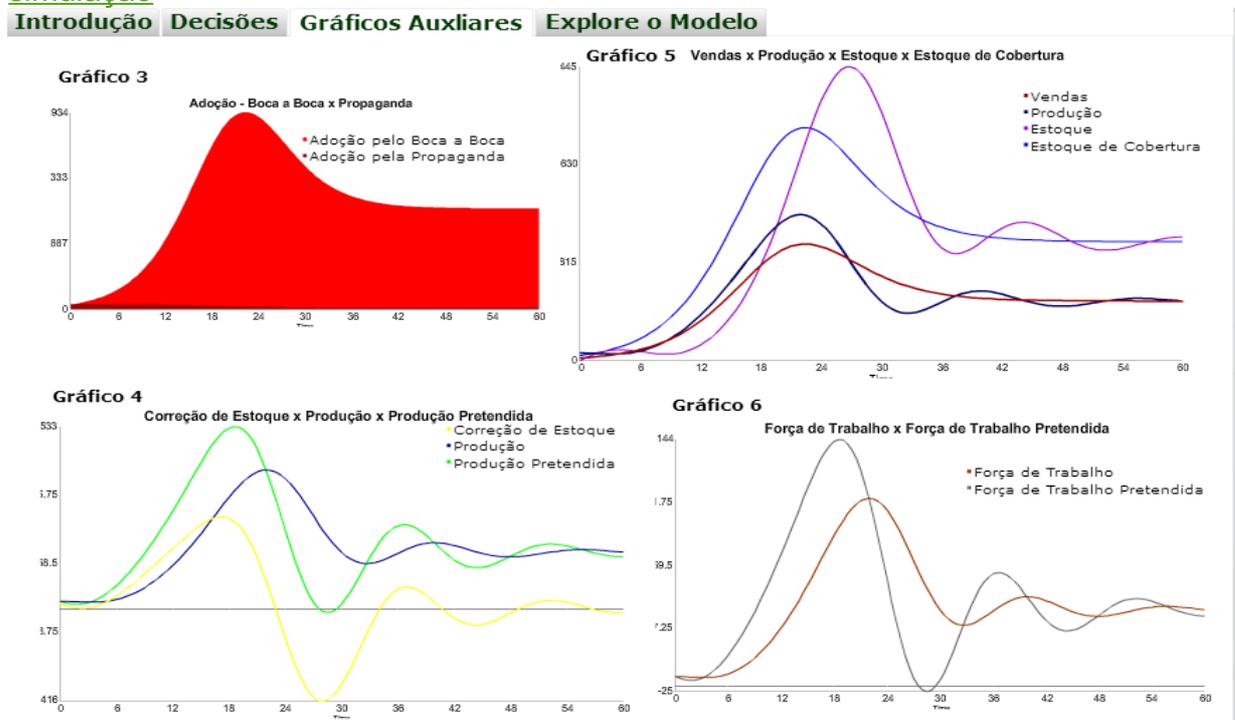
Fonte: Autor

Figura B. 16 – Esta tela contém informações acerca das variáveis constantes do modelo: População Total, Vida Média do Produto e Produtividade. Pode-se avançar indefinidamente a simulação por 60 meses ou por etapas (6 ou 12 meses). Ou seja, podem ser elaborados simulações com 1, 5 ou 10 rodadas. O botão “Reset” reinicia a simulação



Fonte: Autor

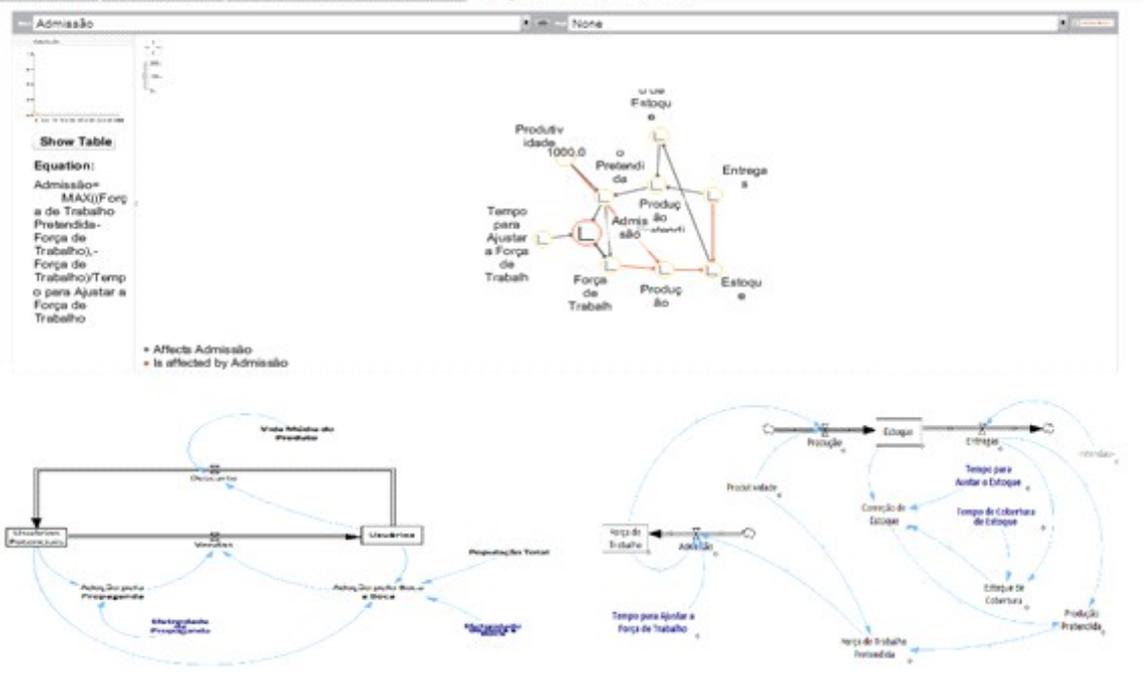
Figura B. 17 - A tela “Gráficos Auxiliares” fornece informações adicionais sobre a simulação



Fonte: Autor

Figura B. 18 - A tela “Explore o modelo” traz explicações sobre os diagramas de fluxos e estoques de marketing e operações, bem como explicações sobre como as variáveis se relacionam umas com as outras.

**Introdução Decisões Gráficos Auxiliares Explore o Modelo**



Fonte: Autor

**Exemplo da Simulação utilizando o Cenário Base**

Cenário Base
Efetividade da Propaganda = 0,015/Mês
Efetividade do Boca a Boca = 0,275/Mês
Tempo para Ajustar o Estoque = 1 Mês
Tempo de Cobertura de Estoque = 2 Meses
Tempo para Ajustar a Força de Trabalho = 6 Meses

O Gráfico B. 1 representa a curva de **Vendas** e **Produção** para o cenário base. Esta relação permite observar a instabilidade da produção da empresa em relação ao mercado. As curvas observadas neste cenário base estão dispostas no Gráfico B. 1. Repare no “efeito chicote” ao final do Gráfico B.. Ele é definido como a distorção da percepção da oferta ao longo da cadeia de suprimentos na qual a variância da produção do fornecedor é diferente da demanda observada pelo vendedor. Assim, a curva de produção apresenta momentos em que a produção é maior que os produtos vendidos, resultando em estoques e perdas de produtos e momentos em que a **Produção** é inferior ao número de **Vendas** resultando em falta de estoques e produtos no ponto de venda ao consumidor.

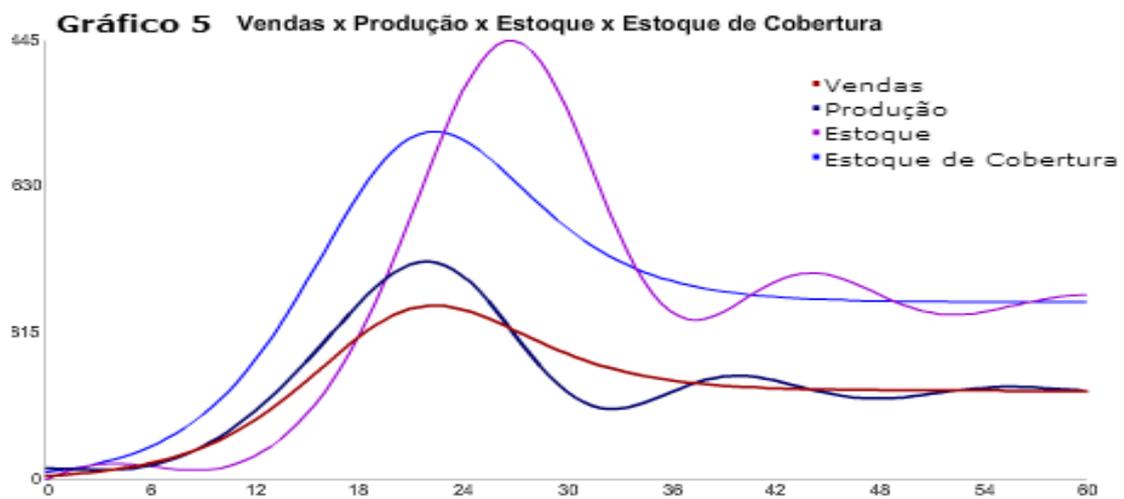
Gráfico B. 9 - Vendas x Produção no Cenário Base



O Gráfico B. 2 oferece mais informações sobre o motivo destas oscilações. Inicialmente, quando **Vendas** começam a crescer, o **Estoque** cai porque **Vendas** excedem a **Produção**. A **Produção**, então, gradualmente cresce porque **Estoque de Cobertura** cresce com as **Vendas**. Entretanto, existe um atraso de 6 meses – resultado da Variável **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** - devido a necessidade de ajustar a **Força de Trabalho**. No 12º mês, **Produção** > **Vendas**, e o **Estoque** começa a crescer.

Se o **Estoque** cresce, a **Produção** cresce também. Enquanto **Estoque** < **Estoque de Cobertura** haverá pressão para aumentar a **Produção**, mesmo quando a Produção exceder as Vendas. Note que, mesmo quando **Estoque** = **Estoque de Cobertura**, **Produção** > **Vendas** devido ao número excessivo de membros na **Força de Trabalho**, resultando no aumento contínuo no **Estoque**.

Gráfico B. 10 - Vendas x Produção x Estoque x Estoque de Cobertura – Oscilação inicial



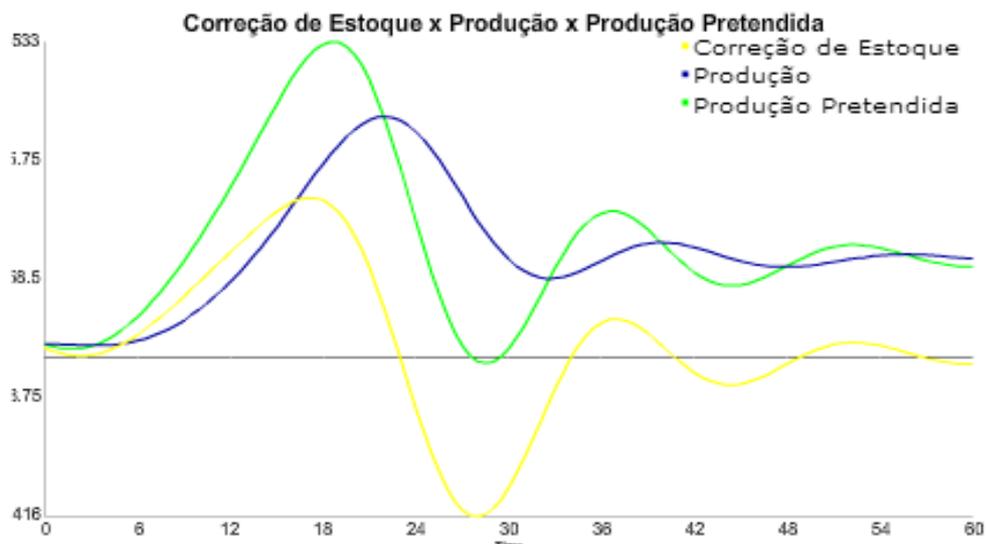
Somente quando o **Estoque** for maior que o **Estoque de Cobertura** é que a **Produção** começa a diminuir. Como efeito, nota-se que se produzem mais

refrigerantes que o necessário para cobrir as **Vendas**, resultando em períodos com excesso de estoque. O **Tempo para ajuste na Força de Trabalho** não permite que este processo de **Correção de Estoque** e **Produção** seja efetuado de maneira mais eficiente.

Note também que **Correção de Estoque** (Gráfico B. 3), tem um importante impacto na **Produção**. O processo de **Ajuste da Correção do Estoque** é rápido. Ou seja, nota-se que existe uma produção excessiva acima do nível de **Vendas** e que isso precisa ser corrigido. Logo após se igualar aos níveis de **Produção**, a curva de **Correção de Estoque** começa a declinar, com objetivo tentar diminuir a **Produção**. Entretanto, devido aos atrasos no **Ajuste da Força de Trabalho**, durante 6 meses a empresa continua a produzir e adicionar produtos ao **Estoque**, enquanto diminuí a **Força de Trabalho**.

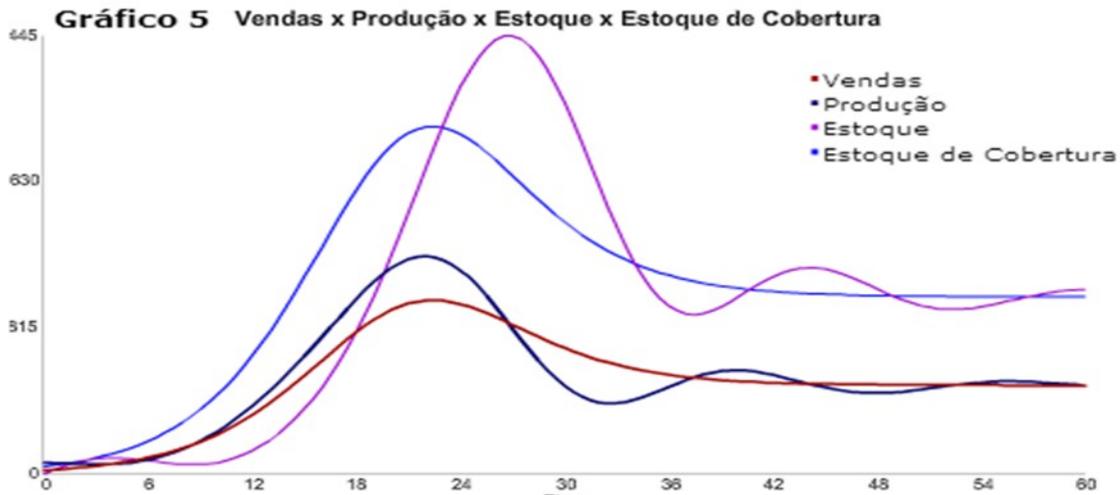
Os atrasos no **Ajuste da Força de Trabalho** ocasionam momentos de **Produção** em níveis excessivos a quantidade de **Vendas**, elevando **Estoque**, devido à demora no processo de diminuição da **Força de Trabalho**. Ou, ao contrário, quando o **Estoque** está abaixo do **Estoque de Cobertura**, existe um retardo para elevar a **Produção** acima do nível de **Vendas**. Isto se torna um círculo vicioso, no qual empresa está sempre produzindo a mais do que necessário ou não produzindo o suficiente.

Gráfico B. 3 - Atraso na Produção após Serem Realizados Ajustes na Correção de Estoque



## Gráfico B. 4 - Atrasos nos Ajustes dos Processos Produtivos

c



---

---

---

---

---

---

---

### Desafio Proposto

#### Opções para evitar os problemas

Existem algumas opções para estabilizar o ciclo de produção da empresa:

- Reduzir o **Tempo de Cobertura de Estoque** (para 1 mês, por exemplo)
- Reduzir o **Tempo para Ajustar a Força de Trabalho** (para 4 meses, por exemplo)
- Reduzir o **Tempo para Ajustar o Estoque** (para 0.5 mês, por exemplo)

Vamos discutir o que acontece ao adotar-se cada uma das opções (Experimente avançando toda a simulação – 60 meses – e depois avance a simulação 12 meses até o fim dela para que o efeito de cada opção seja observado detalhadamente).

Utilizando as análises do cenário-base como exemplo, construa relatórios sobre os efeitos das três aplicações propostas – opções a, b e c – e justifique qual delas é a melhor alternativa para a empresa.