III CIGELUBRA
Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias
EVENTO ON-LINE

Dinâmica de Sistemas Aplicada no Gerenciamento de Estoques em uma Empresa Provedora de Internet

Marina Fonseca de Oliveira
Faculdade de Engenharia - UFCAT
Matheus Garcez Pereira
Faculdade de Engenharia - UFCAT
Dalton Matsuo Tavares
Instituto de Biotecnologia - UFCAT
Stella Jacyszyn Bachega
Faculdade de Engenharia - UFCAT

Resumo: Este trabalho aborda o gerenciamento de estoques de roteadores em uma empresa provedora de internet, considerando o crescimento da base de clientes, os cancelamentos e o reaproveitamento de equipamentos. O problema consiste em garantir equipamentos suficientes para atender à demanda sem gerar falta ou excesso de estoque. O objetivo foi desenvolver um modelo de Dinâmica de Sistemas (DS) para apoiar decisões relacionadas à aquisição, à reposição e à utilização de equipamentos. Para isso, adotou-se a pesquisa descritiva, abordagem quantitativa, e a DS como abordagem de simulação. O software utilizado foi Vensim PLE (*Personal Learning Edition*), posteriormente validado por meio de simulações e comparação com o comportamento de sistema real. Os resultados mostraram comportamento consistente com a realidade da organização, destacando a importância do reaproveitamento de roteadores para a manutenção do estoque e a redução da necessidade de novas aquisições. Assim, a Dinâmica de Sistemas mostrou-se adequada como ferramenta de apoio ao planejamento logístico e à tomada de decisões.

Palavras-chave: Dinâmica de Sistemas, Gestão de Estoques, Logística Reversa.

System Dynamics Applied to Inventory Management in an Internet Service Provider

Abstract: This study addresses router inventory management at an internet service provider, taking into account customer base growth, service cancellations, and equipment reuse. The challenge lies in ensuring sufficient equipment to meet demand without incurring stockouts or overstocking. The objective was to develop a System Dynamics (SD) model to support decisions regarding equipment acquisition, replenishment, and utilization. To achieve this, the study employed descriptive research and a quantitative approach, using SD as the simulation method. Vensim PLE (Personal Learning Edition) software was used, and the model was subsequently validated through simulations and comparisons with actual system behavior. The results demonstrated behavior consistent with the organization's reality, highlighting the importance of router reuse for inventory maintenance and the reduction of new acquisition needs. Thus, System Dynamics proved to be a suitable tool for supporting logistics planning and decision-making.

Keywords: System Dynamics, Inventory Management, Reverse Logistics.

1. Introdução

Um sistema dinâmico pode ser descrito como qualquer sistema que evolui ao longo do tempo. De acordo com Meshref, Elkasaby e Farid (2023) a Dinâmica de Sistemas (DS) é um método para analisar e controlar sistemas de *feedback* complexos e seu comportamento resulta de interações entre seus elementos. Essa relação torna o sistema dinâmico capaz de entender a conduta a longo prazo e a estrutura fundamental de um mecanismo, incluindo o processo de tomada de decisão.

Como uma das ferramentas fundamentais da pesquisa operacional, a simulação utiliza recursos computacionais para replicar o comportamento de processos e sistemas complexos (HILLIER; LIEBERMAN, 2013). Ferreira, Armellini e Santa-Eulalia (2020), Forrester (1961), García (2006) e Sterman (2000) destacam a DS como uma das abordagens de simulação que ganham evidência para modelar tais dinâmicas.

A aplicação dessa abordagem possui relevância para o setor de telecomunicações (NAHAR, 2024; SZETEY; MOALLEMI; BRYAN, 2026), no qual uma empresa provedora de internet banda larga por fibra óptica atua em um mercado altamente competitivo. Nesse ambiente, a rapidez na disponibilização dos serviços e a qualidade do atendimento ao cliente são fatores determinantes para manter e expandir sua base de clientes. Para que a instalação de novos contratos ocorra nos prazos estabelecidos, é necessário que se possua quantidade suficiente de equipamentos de acesso, especialmente roteadores.

Contudo, para viabilizar esse dimensionamento, as organizações desse setor enfrentam desafios operacionais complexos. Sabe-se da complexidade em se planejar a demanda futura. O crescimento da base de assinantes é influenciado por campanhas de *marketing*, indicações de clientes, ações da concorrência e mudanças no mercado, enquanto parte dos assinantes cancela seus contratos mensalmente por insatisfação, migração para concorrentes ou mudança de endereço. O principal obstáculo está em se definir a quantidade ideal de equipamentos em estoque: a falta de roteadores provoca atrasos na ativação dos serviços e compromete a receita, enquanto o excesso gera custos de armazenagem e risco de obsolescência. Além da aquisição de novos equipamentos, a empresa dispõe de um sistema de recolhimento e recondicionamento dos roteadores devolvidos, que retornam ao estoque após triagem, manutenção e testes.

Diante desse cenário, surge a necessidade de compreender como as taxas de aquisição e cancelamento de clientes afetam a base de assinantes, os níveis de estoque e os custos operacionais. A partir da interação entre os subsistemas de clientes, de equipamentos e financeiro, surge a seguinte questão de pesquisa: de que modo a aplicação da DS pode aprimorar as políticas de aquisição e reposição de roteadores para suportar o crescimento da base de clientes sem gerar falta de equipamentos ou custos excessivos de estoque?

O objetivo deste artigo é desenvolver um modelo de Dinâmica de Sistemas para apoiar decisões de aquisição, reposição e utilização de roteadores em uma empresa provedora de internet. Para isso, o problema foi modelado utilizando o software Vensim PLE (*Personal Learning Edition*), representando os principais estoques, fluxos e relações de retroalimentação do processo. Este trabalho justifica-se pela importância do tema abordado, como pode ser observado nas aplicações realizadas em Kazantsev, Petrovskyi e Müller (2023), Medoh e Telukdarie (2022) e Meshref, Elkasaby e Farid (2023). Ainda, a solução desse problema permitirá à empresa realizar um planejamento mais eficiente de seus recursos, aumentar a qualidade do atendimento ao cliente e reduzir custos operacionais, contribuindo para a sustentabilidade financeira e a competitividade do negócio no longo prazo.

O artigo está organizado em cinco seções, além desta introdução. A segunda seção descreve a metodologia, incluindo a fundamentação da Dinâmica de Sistemas, a coleta de

dados, o modelo conceitual e o projeto dos experimentos. A terceira seção apresenta o modelo computacional e sua validação. A quarta seção discute os resultados obtidos. A quinta seção apresenta as conclusões e as recomendações para trabalhos futuros.

2. Metodologia

O objetivo dessa pesquisa é descritivo por retratar as características de dado fenômeno, estabelecendo uma relação entre suas variáveis (GIL, 2009). Quanto à abordagem, a pesquisa é quantitativa (BRYMAN, 1989), por apresentar as preocupações de mensurabilidade, causalidade, generalização e replicação.

Para atender ao objetivo proposto, adotou-se a Dinâmica de Sistemas (DS) como abordagem de modelagem. A DS é uma técnica quantitativa que investiga o comportamento de sistemas ao longo do tempo, representando estoques, fluxos e ciclos de realimentação (ADANE et al., 2019; GEORGIADIS; VLACHOS; IAKOVOU, 2005). Os laços de realimentação podem ser positivos (reforço) ou negativos (balanceamento), e sua combinação determina a evolução dinâmica do sistema (NAUGLE; LANGARUDI; CLANCY, 2024; TAKO; ROBINSON, 2012). O mapeamento matemático ocorre por equações diferenciais resolvidas numericamente por simulação (GEORGIADIS; VLACHOS; IAKOVOU, 2005).

Este trabalho baseia-se na experiência profissional em uma empresa provedora de internet banda larga, com ênfase no aprofundamento teórico de situações observadas na prática, sem a utilização de dados passíveis de identificação de sujeitos, sendo realizada a observação direta (FILIPPO; PIMENTEL; WAINER, 2011) dos setores de serviço de atendimento ao consumidor, serviços, compras, financeiro e comercial. O objetivo foi compreender o funcionamento do processo de aquisição, utilização, devolução e reaproveitamento de equipamentos, bem como identificar os fatores que influenciam o crescimento e a redução da base de clientes.

Foram observadas informações sobre a dinâmica operacional da empresa, incluindo a quantidade média de novos clientes por mês, a taxa média de cancelamento de contratos, a quantidade de equipamentos em estoque, o recolhimento de equipamentos provenientes de cancelamentos, a taxa de reaproveitamento após manutenção, os custos de aquisição e armazenagem, a receita média das mensalidades, a política de reinvestimento na compra de novos equipamentos, registros empresariais e estimativas de gestores, conforme detalhado na seção 3.1.

Após isso, o modelo conceitual foi elaborado utilizando a abordagem de DS, com o intuito de apresentar as relações de causa e efeito entre o crescimento da base de clientes e a gestão do estoque de equipamentos. O sistema foi dividido em dois subsistemas principais: gestão da base de clientes e gestão dos equipamentos.

Na gestão da base de clientes, o estoque total de clientes representa a quantidade de clientes ativos da empresa. Esse estoque sofre influência de dois fluxos: o de novos clientes, responsável pelo aumento da base de assinantes, e o de cancelamentos, responsável pela redução da base de clientes. O fluxo de novos clientes é influenciado pela taxa de indicação e pelo crescimento natural da demanda, enquanto os cancelamentos dependem da taxa média de desligamento observada pela empresa.

Na gestão dos equipamentos, o estoque de roteadores representa a quantidade de equipamentos disponíveis para instalação. Esse estoque é alimentado por compras de equipamentos e pelo retorno de equipamentos recondicionados, sendo reduzido pelas instalações realizadas em novos clientes. Quando ocorre o cancelamento de um contrato,

os equipamentos são recolhidos para triagem e manutenção, e parte deles retorna ao estoque para reutilização.

O funcionamento do sistema inicia-se com a entrada de novos clientes na empresa. Cada novo contrato firmado gera a necessidade de instalação de um roteador, reduzindo o estoque disponível de equipamentos. À medida que a base de clientes cresce, ocorre aumento do faturamento mensal da empresa. Parte dessa receita é reinvestida na aquisição de novos equipamentos, contribuindo para a reposição do estoque e para o suporte ao crescimento futuro.

Paralelamente, uma parcela dos clientes cancela seus contratos mensalmente. Quando isso ocorre, os equipamentos instalados são recolhidos e enviados para o setor de triagem e manutenção. Após passarem pelos procedimentos técnicos necessários, os equipamentos aptos para reutilização retornam ao estoque como roteadores recondicionados.

O modelo incorpora ainda os custos associados à manutenção dos estoques, permitindo avaliar os impactos financeiros decorrentes do crescimento ou da redução da demanda por serviços. Dessa forma, o sistema apresenta ciclos de realimentação positivos e negativos que influenciam simultaneamente a evolução da base de clientes e a disponibilidade de equipamentos.

A validação do modelo conceitual foi realizada em conjunto com colaboradores da empresa. Inicialmente, o diagrama de estoques e fluxos foi apresentado aos responsáveis pelos setores envolvidos. Durante essa etapa, verificou-se a coerência das relações de causa e efeito, a consistência dos fluxos de entrada e saída dos estoques, a adequação das variáveis utilizadas, além da compatibilidade entre o comportamento esperado do sistema e a estrutura modelada. As equações utilizadas no modelo foram construídas com base nos princípios da DS, representando os balanços de fluxos e taxas acumuladas.

Todas as variáveis foram calibradas em unidades dimensionalmente compatíveis no software Vensim PLE. Conforme apontam Lara, Viana e Bahia (2018), essa ferramenta visual viabiliza a construção de representações fiéis da realidade empresarial, sendo ideal para mapear estruturas organizacionais complexas e analisar como a inter-relação de variáveis e os ciclos de realimentação afetam o comportamento e a estabilidade logística do negócio ao longo do tempo.

Também, utilizou-se um horizonte de análise de 60 meses, período considerado suficiente para observar os efeitos das políticas de aquisição de equipamentos, do crescimento da carteira de clientes e do reaproveitamento de roteadores provenientes dos cancelamentos. O estoque inicial de clientes foi estabelecido em 42.000 assinantes ativos, e o de roteadores, em 50.000 equipamentos disponíveis para instalação. O estoque em triagem e manutenção foi inicializado em zero, uma vez que não havia equipamentos em processamento no início da simulação. Os equipamentos devolvidos por cancelamentos são encaminhados à triagem e manutenção, retornando ao estoque principal como recondicionados disponíveis para novas instalações.

Durante a simulação, foram monitoradas as principais variáveis do sistema, incluindo o total de clientes, o estoque de roteadores, a quantidade em triagem e manutenção, o faturamento mensal, o valor investido na aquisição e o custo total de estoque. A análise dessas variáveis permite compreender a dinâmica operacional e identificar os impactos do crescimento da demanda e da utilização de equipamentos recondicionados.

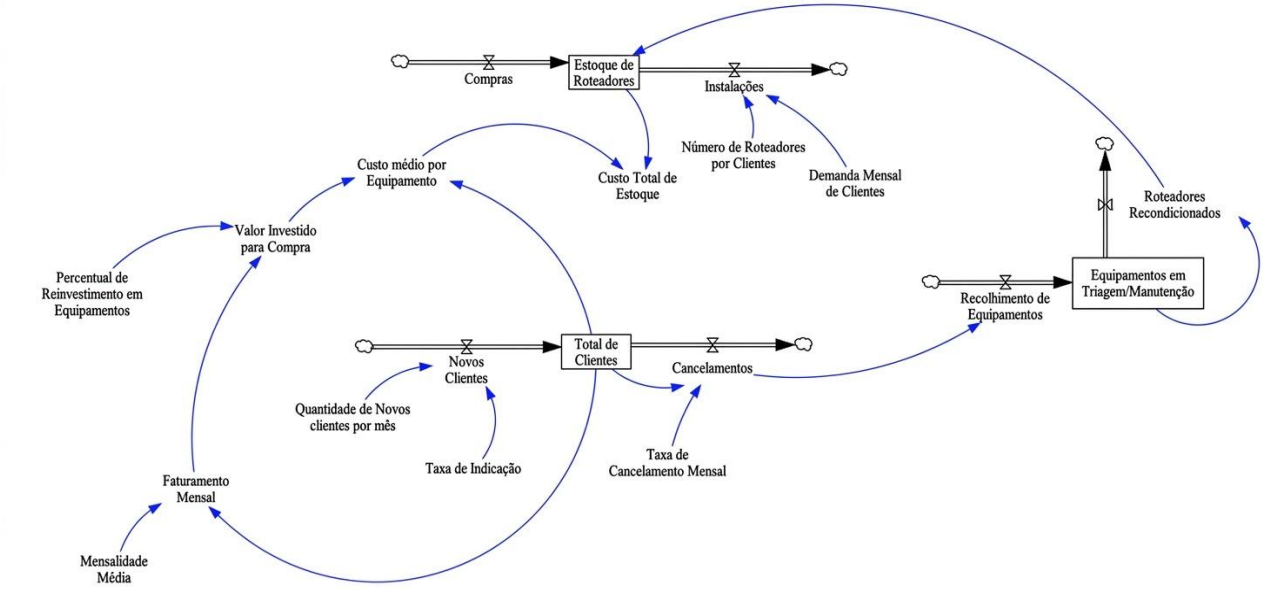
3. Apresentação e Validação do Modelo Computacional

O sistema foi estruturado em três subsistemas interligados por relações de causa e efeito: gestão de clientes, gestão de equipamentos e gestão financeira.

O subsistema de clientes é representado pelo estoque Total de Clientes, alimentado por Novos Clientes e reduzido por Cancelamentos. O subsistema de equipamentos é representado pelo Estoque de Roteadores, abastecido por Compras e Roteadores Recondicionados e reduzido pelas Instalações. Os equipamentos devolvidos por cancelamentos são encaminhados à triagem e manutenção e, após recondicionamento, retornam ao estoque principal, caracterizando um processo de logística reversa. O subsistema financeiro calcula o Faturamento Mensal e o Valor Investido para Compra, utilizado como indicador de capacidade de reinvestimento, além do Custo Total de Estoque.

A integração entre os três subsistemas permite representar a dinâmica operacional da empresa e simular diferentes políticas de reposição, níveis de demanda e taxas de cancelamento. O modelo implementado no software Vensim PLE está representado na Figura 1.

Figura 1 – Modelo de DS representando a interação entre clientes e equipamentos



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3.1 Descrição das variáveis

3.1.1 Variáveis do subsistema de clientes

O subsistema de clientes modela a evolução do número de clientes ativos ao longo do tempo, considerando a entrada de novos contratos e os cancelamentos mensais. A Tabela 1 apresenta as variáveis, equações e descrições utilizadas.

Tabela 1 – Fluxo do estoque de Total de Clientes

Variável	Fórmula	Unidade	Descrição
Total de Clientes	INTEG (Novos Clientes - Cancelamentos, 42000)	Clientes	Estoque do total de clientes: subtração dos novos clientes pelos cancelamentos, com o número inicial de clientes fornecido pelo setor Comercial

Novos Clientes	Quantidade de Novos clientes por mês + (Taxa de Indicação x Quantidade de Novos clientes por mês)	Clientes	Média da quantidade de novos clientes por mês, fornecido pelo setor Comercial, acrescida da indicação média conforme o mesmo setor
Quantidade de Novos clientes por mês	1500	Clientes	Número de novos clientes por mês segundo o setor Comercial
Taxa de indicação	5%	Adimensional	Taxa de indicação de 5% ao mês, segundo o setor Comercial
Cancelamentos	Total de Clientes x Taxa de Cancelamento Mensal	Clientes	Número de cancelamentos proporcional ao total de clientes
Taxa de Cancelamento Mensal	2%	Adimensional	Taxa de cancelamentos de 2% ao mês, segundo o setor Comercial

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3.1.2 Variáveis do subsistema de triagem e recondicionamento de equipamentos

O processo de reaproveitamento de equipamentos reduz custos e aumenta a eficiência operacional. Após o cancelamento, os roteadores são recolhidos, triados e recondicionados, retornando ao estoque principal. A Tabela 2 apresenta as variáveis do processo de logística reversa.

Tabela 2 - Fluxo de Recolhimento de Equipamentos

Variável	Fórmula	Unidade	Descrição
Equipamento em Triagem/Manutenção	INTEG (Recolhimento de Equipamentos - Roteadores Recondicionados, 0)	Roteadores	Estoque dos equipamentos recolhidos e redirecionados após o cancelamento de um cliente
Recolhimento de Equipamentos	Cancelamentos	Roteadores	Equipamentos recolhidos após o cancelamento
Roteadores Recondicionados	Equipamentos em Triagem/Manutenção × Taxa de Aproveitamento	Roteadores	Equipamentos direcionados ao estoque após a manutenção

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3.1.3 Variáveis do subsistema de estoque de equipamentos

O subsistema de estoque de equipamentos representa a disponibilidade de roteadores para instalação, abastecido por compras e pelo retorno de recondicionados e reduzido pelas instalações. A Tabela 3 apresenta as variáveis, equações e unidades.

Tabela 3 - Fluxo do Estoque de Roteadores

Variável	Fórmula	Unidade	Descrição
Estoque de Roteadores	INTEG (Compras + Roteadores Recondicionados - Instalações, 50000)	Roteadores	Estoque de roteadores, acrescido pelas compras e pelos recondicionados e reduzido pelas instalações, com o número médio atual em almoxarifado
Compras	500	Roteadores	Compra mensal fixa de roteadores, conforme o setor de Compras
Instalações	Novos Clientes	Roteadores	O número de instalações é decorrente da obtenção de novos clientes (obs. 1 roteador instalado por cliente).

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3.1.4 Variáveis financeiras

As questões financeiras neste modelo representam a relação entre crescimento da base de clientes, geração de receita e capacidade de investimento. A Tabela 4 apresenta as variáveis financeiras.

Tabela 4 – Variáveis Financeiras

Variável	Fórmula	Unidade	Descrição
Custo Total de Estoque	Estoque de Roteadores x Custo médio por Equipamento	Reais	Custo total de estoque, produto dos roteadores em estoque pelo custo médio unitário
Custo Médio por equipamento	200	Reais	Custo médio unitário de aquisição de um roteador
Valor Investido para compra	Faturamento Mensal x Percentual de Reinvestimento em Equipamentos	Reais	Capacidade de reinvestimento a partir do faturamento mensal, utilizada como indicador de sustentabilidade da política de compras
Percentual de Reinvestimento em equipamentos	15%	Adimensional	Percentual de reinvestimento de 15% do faturamento, segundo o setor de Compras
Faturamento Mensal	Total de Clientes x Mensalidade Média	Reais	Faturamento mensal proporcional ao número de clientes
Mensalidade Média	100	Reais	Mensalidade Média paga por cliente, segundo o setor Comercial

Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

3.2 Verificação e validação

A etapa de verificação teve como finalidade identificar erros de modelagem, inconsistências nas equações e incompatibilidades entre as unidades das variáveis. Inicialmente, foi realizada a conferência das equações implementadas, verificando-se se os fluxos de entrada e saída estavam corretamente conectados aos respectivos estoques. Em seguida, a análise de consistência dimensional do Vensim PLE confirmou que todas as variáveis apresentavam unidades compatíveis, eliminando erros de conversão ou incompatibilidades matemáticas.

Também foi analisado o comportamento dos estoques principais do modelo. O estoque Total de Clientes apresentou crescimento quando a entrada de novos clientes superou os cancelamentos e redução na situação inversa. Da mesma forma, o Estoque de Roteadores aumentou por meio das compras e do retorno de equipamentos recondicionados e diminuiu conforme a realização das instalações, demonstrando coerência com a lógica operacional da empresa.

A validação estrutural foi realizada por meio da comparação entre a estrutura do modelo e os processos reais da organização. O diagrama de estoques e fluxos foi apresentado aos gestores, que avaliaram se os processos envolvidos na aquisição de clientes, cancelamentos, recolhimento de equipamentos, manutenção e reposição de estoque estavam adequadamente representados. Os responsáveis confirmaram que as relações de causa e efeito implementadas refletem satisfatoriamente o funcionamento do sistema real.

Além da validação estrutural, foi conduzida uma validação comportamental por meio de simulações preliminares, com resultados compatíveis com as expectativas dos gestores. Observou-se que o crescimento da base de clientes resultou em aumento do faturamento, ampliando a capacidade de investimento em equipamentos. Da mesma forma, o aumento dos cancelamentos elevou o volume de equipamentos recolhidos e recondicionados, reproduzindo a dinâmica operacional da empresa. Ainda, o comportamento do modelo apresentou coerência com a realidade operacional da empresa. O modelo foi calibrado utilizando como condição inicial cerca de 42.000 clientes ativos, correspondente ao levantamento de janeiro de 2025. Após dezoito meses, a empresa atingiu cerca de 52.000 clientes, valor muito próximo ao previsto pela simulação para esse mesmo período. Essa correspondência constitui uma importante validação comportamental, demonstrando que as relações de causa e efeito implementadas representam adequadamente a dinâmica real da organização.

Também foram realizados testes de sensibilidade em variáveis críticas para o sistema, especialmente as taxas de indicação e cancelamento e o percentual de reinvestimento em equipamentos. Os resultados mostraram que alterações nesses parâmetros produzem impactos coerentes sobre o crescimento da carteira de clientes, a disponibilidade de roteadores e os custos de estoque, reforçando a confiabilidade do modelo.

Dessa forma, os procedimentos de verificação e validação indicam que o modelo apresenta consistência estrutural, coerência matemática e comportamento compatível com a realidade operacional da empresa estudada.

4. Resultados e Discussão

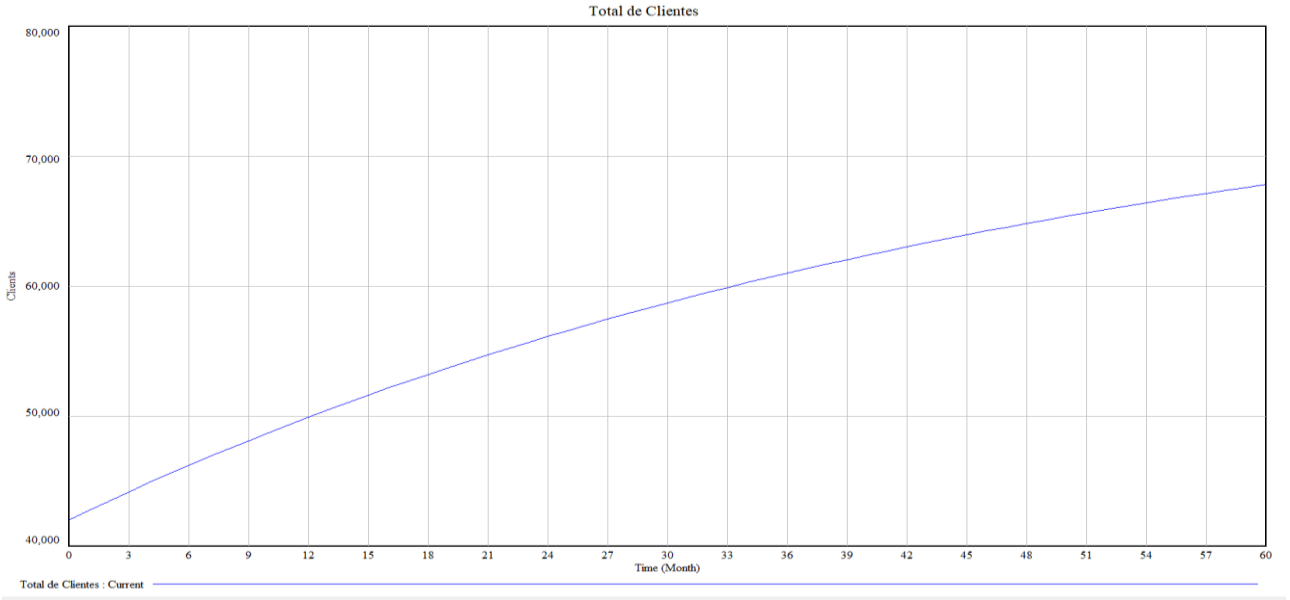
A simulação do modelo executada no horizonte de 60 meses, permitiu avaliar o comportamento da base de clientes, do estoque de roteadores, do processo de recondicionamento e dos indicadores financeiros considerados para este cenário.

4.1 Comportamento da base de clientes

A Figura 2 evidencia um crescimento contínuo do Total de Clientes ao longo do período analisado. Isso ocorre porque a demanda mensal base de novos clientes é de 1.500, e, com a taxa de indicação de 5%, o fluxo total de novos clientes atinge 1.575 por mês, superando continuamente o número de cancelamentos, que corresponde a 2% da carteira ativa.

Nos primeiros meses, o crescimento ocorre de forma mais acelerada, pois o número absoluto de cancelamentos ainda é relativamente pequeno. Com o passar do tempo, o aumento da carteira faz com que os cancelamentos também cresçam em termos absolutos, reduzindo gradualmente a taxa líquida de crescimento. Esse comportamento explica a tendência da curva de tornar-se menos inclinada ao final da simulação, aproximando-se de um estado de equilíbrio. Ao término dos 60 meses, a empresa ultrapassa 67.000 clientes, representando um crescimento superior a 60% em relação ao cenário inicial.

Figura 2 – Evolução do número de clientes ao longo de 60 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

Esse resultado demonstra que, mantendo-se constantes as taxas atuais de aquisição e cancelamento, a empresa continuará expandindo sua participação de mercado de forma progressiva.

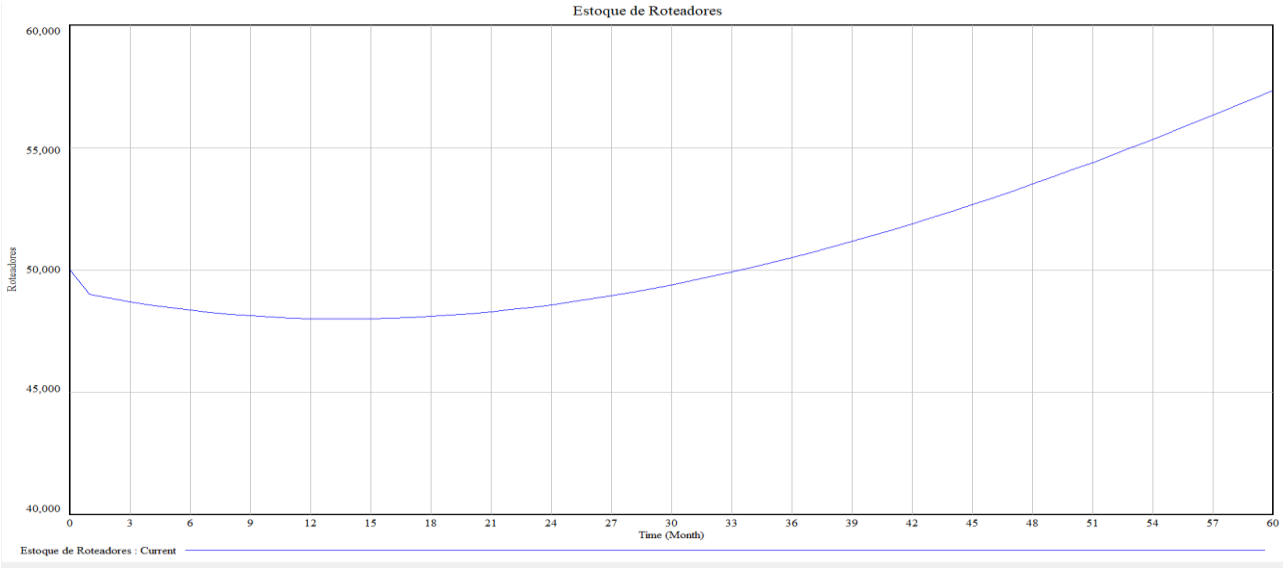
4.2 Comportamento do estoque de roteadores

Nos primeiros meses, observa-se uma redução do estoque disponível de roteadores, pois a quantidade de equipamentos utilizada nas novas instalações é superior ao número adquirido mensalmente. Entretanto, conforme os cancelamentos aumentam, cresce também o fluxo de equipamentos recolhidos e encaminhados para manutenção. Após o recondicionamento, esses roteadores retornam ao estoque. Esse mecanismo de logística reversa passa a compensar parte das saídas provocadas pelas instalações, fazendo com que o estoque volte a crescer após aproximadamente o primeiro ano da simulação, conforme ilustrado na Figura 3.

Ao final do horizonte de análise, observa-se um estoque superior ao inicial, indicando que a política atual de aquisição, combinada com o reaproveitamento dos equipamentos devolvidos, é suficiente para suportar o crescimento previsto da empresa. Esse resultado evidencia a importância estratégica do processo de recondicionamento, que reduz custos

de aquisição, diminui desperdícios e aumenta a disponibilidade operacional dos equipamentos.

Figura 3 – Evolução do estoque de roteadores ao longo de 60 meses



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4.3 Variáveis críticas e comportamento financeiro

A análise de causas (*Causes Strip*) permitiu identificar as variáveis com maior influência sobre os principais estoques. O Total de Clientes é fortemente influenciado por Novos Clientes, Taxa de Indicação e Taxa de Cancelamento. A Taxa de Indicação atua como mecanismo de crescimento, enquanto a Taxa de Cancelamento é o principal fator limitante, pois cresce proporcionalmente à carteira. Para o estoque de roteadores, as variáveis de maior influência foram Compras Mensais, Instalações e Roteadores Recondicionados. Embora as compras mantenham fluxo constante, os Roteadores Recondicionados tornam-se progressivamente mais relevantes, evidenciando o papel da logística reversa na sustentabilidade operacional.

No subsistema financeiro, o faturamento mensal mostrou-se diretamente dependente do crescimento da carteira de clientes, ampliando o valor reinvestido em equipamentos e fortalecendo o ciclo de expansão. A análise da tabela temporal (*Table Time Down*) mostrou crescimento contínuo da carteira, do faturamento e do investimento, além do aumento dos recolhimentos e da recuperação gradual do estoque. O custo total do estoque também cresceu, mas de forma compatível com a expansão da empresa. O sistema permaneceu estável durante toda a simulação, sem oscilações abruptas.

4.4 Cenário alternativo

Como cenário alternativo, propôs-se a redução da taxa de cancelamento de 2% para 1,5% ao mês por meio de ações de fidelização, o que resultaria em crescimento mais acelerado da base de clientes e do faturamento. Outra possibilidade foi considerar aumento da eficiência da manutenção, reduzindo o tempo dos roteadores na triagem e aumentando a disponibilidade de recondicionados. Notou-se que pequenas alterações em variáveis estratégicas produzem impactos significativos ao longo do tempo, característica de sistemas com realimentação, reforçando a utilidade do modelo como ferramenta de apoio à decisão.

5. Considerações finais

Este artigo abordou o gerenciamento de estoques de roteadores em uma empresa provedora de internet, considerando o crescimento da base de clientes, os cancelamentos e o reaproveitamento de equipamentos. O objetivo foi desenvolver um modelo de Dinâmica de Sistemas para apoiar decisões de aquisição, reposição e utilização de equipamentos.

Os resultados mostraram que a empresa pode sustentar o crescimento projetado da base de clientes mantendo as taxas atuais de aquisição e cancelamento. A simulação indicou crescimento superior a 60% em 60 meses, com recuperação do estoque de roteadores após o primeiro ano, impulsionada pelo processo de recondicionamento. Houve a validação do modelo com o comportamento real do sistema. A empresa evoluiu de aproximadamente 42.000 clientes em janeiro de 2025 para cerca de 52.000 dezoito meses depois, em conformidade com a simulação.

Como contribuições, o modelo permite prever a evolução da carteira de clientes, estimar a necessidade de roteadores, reduzir riscos de falta ou excesso de estoque e melhorar o planejamento logístico e de investimentos. Recomenda-se integrar o modelo ao ERP da organização, desenvolver um painel gerencial com as principais projeções e utilizar técnicas de previsão de demanda para atualizar os seus parâmetros. Ainda, ressalta-se que o mesmo pode ser adaptado para a realidade de outras pequenas e médias empresas.

Como trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do modelo com a incorporação de aspectos como a sazonalidade, variações macroeconômicas, ações competitivas e custos detalhados de manutenção, possibilitando o aprofundamento da análise e a exploração de novos cenários. Ademais, propõe-se incluir previsão de demanda com aprendizado de máquina, integrar a simulação ao sistema ERP, incorporar a depreciação dos equipamentos e testar cenários com diferentes políticas de reinvestimento e fidelização.

Por tudo que foi exposto, observa-se que a DS se mostrou adequada para representar o comportamento do negócio e fornecer subsídios confiáveis para a tomada de decisão em ambientes com crescimento contínuo e múltiplas interações entre clientes, estoques e recursos financeiros.

Referências

ADANE, T. F.; BIANCHI, M. F.; ARCHENTI, A.; NICOLESCU, M. Application of system dynamics for analysis of performance of manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Systems**, [S.l.], v. 53, p. 212-233, 2019.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Uniwin Hyman,1989.

FERREIRA, W. P.; ARMELLINI, F.; SANTA-EULALIA, L. A. Simulation in Industry 4.0: a state-of-the-art review. **Computers & Industrial Engineering**, v. 149, p.106868, 2020.

FORRESTER, J. W. **Industrial Dynamics**. Pegasus Communications, 1961.

GARCÍA, J. M. **Theory and Practical Exercises of System Dynamics**. MIT Sloan School of Management, BPR Publishers, 2006.

GEORGIADIS, P.; VLACHOS, D.; IAKOVOU, E. A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 70, n. 3, p. 351-364, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2009. FILIPPO, D.; PIMENTEL, M.; WAINER, J. Metodologia científica em sistemas colaborativos.

In: PIMENTEL, M.; FUKS, H. (Eds.) **Sistemas Colaborativos**. Rio de Janeiro: SBC/Elsevier, 2011. cap. 23, p. 379-404.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

KAZANTSEV, N.; PETROVSKYI, O.; MÜLLER, J. M. From supply chains towards manufacturing ecosystems: a system dynamics model. **Technological Forecasting and Social Change**, [S. l.], v. 197, art. 122917, dez. 2023.

LARA, J. E.; VIANA, P. F. P.; BAHIA, E. T. Dinâmica de sistemas: aplicação à análise de geração de valor em uma empresa de grande porte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 7., 2018, São Paulo. **Anais**... São Paulo: SINGEP, 2018. p. 1-15. Disponível em: https://singep.org.br/7singep/resultado/418.pdf. Acesso em: 25 set. 2026.

MEDOH, C.; TELUKDARIE, A. The future of cybersecurity: a system dynamics approach. **Procedia Computer Science**, Amsterdam, v. 200, p. 318–326, 2022.

MESHREF, A. N.; ELKASABY, E. A. F. A.; FARID, A. A. K. M. Reducing construction waste in the construction life cycle of industrial projects during design phase by using system dynamics. **Journal of Building Engineering**, v. 69, art. 106302, 2023.

NAHAR, S. Modeling the effects of artificial intelligence (AI)-based innovation on sustainable development goals (SDGs): Applying a system dynamics perspective in a cross-country setting. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 201, p. 123203, 2024.

NAUGLE, A.; LANGARUDI, S.; CLANCY, T. What is (quantitative) system dynamics modeling? Defining characteristics and the opportunities they create. **System Dynamics Review**, [S.l.], v. 40, n. 2, e1762, 2024.

STERMAN, J. **Business Dynamics:** System Thinking and Modeling for a Complex World. Editora McGrawHill, 2000.

SZETEY, K.; MOALLEMI, E. A.; BRYAN, B. A. Ecological macroeconomics meets community-led modelling: localising ecological macroeconomics through participatory system dynamics. **Ecological Economics**, v. 249, p. 109097, 2026.

TAKO, A. A.; ROBINSON, S. The application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context. **Decision Support Systems**, [S.l.], v. 52, n. 4, p. 802-815, 2012.

VENTANA SYSTEMS. **Vensim PLE**: Personal Learning Edition User's Guide. Harvard: Ventana Systems Inc., 1998. Disponível em: https://www.bobm.net.au/teaching/SSS/VENPLE.PDF. Acesso em: 28 jun. 2026.