

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

Isadora Portugal Ferreira Gallo
e
João Paulo de Oliveira Ciabati

Simulação de eventos discretos aplicada à avaliação da realocação de
recursos e da redução de retrabalho no backoffice de uma empresa de
crédito imobiliário

ITUIUTABA

2026

Isadora Portugal Ferreira Gallo
e
João Paulo de Oliveira Ciabati

Simulação de eventos discretos aplicada à avaliação da realocação de recursos e da redução de retrabalho no backoffice de uma empresa de crédito imobiliário

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social
da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia de
Produção.

Orientador: Jorge von Atzingen dos Reis

Simulação de eventos discretos aplicada à avaliação da realocação de recursos e da redução de retrabalho no backoffice de uma empresa de crédito imobiliário

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social
da Universidade Federal de Uberlândia,
como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia de
Produção.

Ituiutaba, 17 de setembro de 2026.

Banca Examinadora:

Jorge von Atzingen dos Reis (orientador), Universidade Federal de
Uberlândia

Cristiane Medina Finzi Quintão, Universidade Federal de Uberlândia

Eugênio Pacceli Costa, Universidade Federal de Uberlândia

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo estímulo,
carinho e compreensão.

Aos meus pais e à minha família, por sempre me apoiarem.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos familiares pelo apoio, incentivo e compreensão ao longo da graduação.

Aos nossos amigos e colegas, pelo incentivo e pelo apoio durante a trajetória acadêmica.

Ao professor Jorge von Atzingen dos Reis, pela orientação, disponibilidade e pelas contribuições essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Cristiane Medina Finzi Quintão e Eugênio Pacceli Costa, membros da banca examinadora, pela disponibilidade, pelas contribuições e pelas considerações que colaboraram para o aprimoramento deste trabalho.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção e à empresa estudada, pela formação acadêmica e pela disponibilização das informações que possibilitaram a realização desta pesquisa.

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo.
Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós
ignoramos alguma coisa.”
(FREIRE, 2002, p. 69)

RESUMO

Esta pesquisa avaliou como a realocação de recursos humanos e a redução do retrabalho documental afetam a eficiência operacional do processo de *backoffice* de uma empresa de crédito imobiliário. Foi desenvolvido, no *software* JaamSim, um modelo de simulação de eventos discretos representando o fluxo desde a Pré-Análise até as etapas externas de Vistoria e Jurídico. O modelo foi verificado e validado por comparação com indicadores de um estudo de referência e, após ajustes na capacidade dos processadores internos e na representação das etapas externas, apresentou elevada aderência aos resultados de referência. Foram avaliados um cenário de realocação de uma colaboradora, um cenário de redução da probabilidade de retrabalho de 15% para 7,5% e um cenário combinado. Cada configuração foi analisada por meio de dez replicações com horizonte de 2.376 horas operacionais. A realocação de recursos não alterou os indicadores de fluxo, evidenciando que as atividades modificadas não constituíam restrições nas condições analisadas. A redução do retrabalho diminuiu a média de retornos ao *Checklist* de 355,30 para 166,30 ocorrências e a taxa realizada de 14,85% para 7,55%, liberando aproximadamente 259 horas-recurso, sem aumento relevante do volume concluído. O cenário combinado não apresentou benefício adicional. Conclui-se que, entre as alternativas avaliadas e nas condições operacionais simuladas, a redução das pendências documentais apresentou os resultados mais favoráveis para a eficiência interna, enquanto a distribuição atual da equipe deve ser mantida até que mudanças de demanda ou formação de filas indiquem nova necessidade de balanceamento.

Palavras-chave: simulação de eventos discretos; *backoffice*; crédito imobiliário; retrabalho; JaamSim.

ABSTRACT

This study evaluated how human resource reallocation and the reduction of document rework affect the operational efficiency of the *back-office* process of a real estate credit company. A discrete-event simulation model was developed using JaamSim software to represent the process flow from Pre-Analysis to the external Inspection and Legal stages. The model was verified and validated through comparison with indicators from a reference study and, after adjustments to the capacity of the internal processors and the representation of the external stages, showed a high level of agreement with the reference results. Three scenarios were evaluated: the reallocation of one employee, a reduction in the probability of rework from 15% to 7.5%, and a combined scenario. Each configuration was analyzed through ten replications with a simulation horizon of 2,376 operating hours. Resource reallocation did not change the process flow indicators, indicating that the modified activities were not system constraints under the conditions analyzed. The reduction in rework decreased the average number of returns to the Checklist from 355.30 to 166.30 occurrences and the observed rework rate from 14.85% to 7.55%, releasing approximately 259 resource-hours without a relevant increase in the number of completed proposals. The combined scenario provided no additional benefit. It was concluded that, among the alternatives evaluated and under the simulated operating conditions, the reduction of document-related issues produced the most favorable results in terms of internal efficiency, while the current team allocation should be maintained until changes in demand or the formation of queues indicate the need for a new capacity balance.

Keywords: discrete-event simulation; back office; real-estate credit; rework; JaamSim.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo do processo de <i>backoffice</i>	35
Figura 2 – Modelo computacional do <i>backoffice</i>	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação dos elementos do modelo desenvolvido no JaamSim.....	36
Tabela 2 – Capacidades configuradas nos processadores internos.....	41
Tabela 3 – Comparação entre o artigo-base e o modelo validado.....	43
Tabela 4 – Divisão experimental do tempo do <i>Checklist</i>	45
Tabela 5 – Configuração do cenário-base e do Cenário 1.....	48
Tabela 6 – Resultados das dez replicações do Cenário 1.....	49
Tabela 7 – Estatísticas consolidadas do Cenário 1.....	50
Tabela 8 – Comparação entre o cenário-base e o Cenário 1.....	51
Tabela 9 – Configuração do cenário-base e do Cenário 2.....	58
Tabela 10 – Resultados das dez replicações do Cenário 2.....	59
Tabela 11 – Estatísticas consolidadas do Cenário 2.....	59
Tabela 12 – Comparação entre o cenário-base e o Cenário 2.....	60
Tabela 13 – Configuração do Cenário 3.....	67
Tabela 14 – Resultados das dez replicações do Cenário 3.....	68
Tabela 15 – Estatísticas consolidadas do Cenário 3.....	69
Tabela 16 – Comparação entre os quatro cenários.....	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIC	Critério de Informação de Akaike
CV	Coeficiente de variação
ERP	Enterprise Resource Planning
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
IC	Intervalo de confiança
KS	Kolmogorov-Smirnov
SBPE	Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo
SLA	Service Level Agreement

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos.....	17
1.2 Justificativa.....	17
1.3 Delimitações.....	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1 Simulação de Eventos Discretos em Processos Administrativos.....	21
2.2 Variabilidade em Processos Administrativos e Tratamento Estatístico.....	22
2.3 Capacidade Produtiva e Identificação de Gargalos.....	23
2.4 Validação e Verificação de Modelos de Simulação.....	24
2.5 Processos de <i>Backoffice</i> no Setor de Crédito Imobiliário.....	24
2.6 <i>Software</i> JaamSim para Simulação de Eventos Discretos.....	25
3 METODOLOGIA.....	26
3.1 Contexto e Objeto de Estudo.....	26
3.2 Coleta e Tratamento de Dados.....	26
3.2.1 Variáveis Consideradas na Coleta de Dados.....	27
3.2.2 Período de Coleta e Amostra.....	28
3.2.3 Tratamento Estatístico dos Dados.....	29
3.3 Construção do Modelo de Simulação.....	30
3.4 Implementação no <i>software</i> JaamSim.....	30
3.5 Definição dos cenários.....	32
3.5.1 Cenário 1: realocação de recursos.....	32
3.5.2 Cenário 2: redução de retrabalho.....	33
3.5.3 Cenário 3: combinado.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Processo de validação do modelo.....	39
4.1.1 Correção da capacidade dos processadores.....	39
4.1.2 Substituição de <i>EntityConveyor</i> por <i>EntityDelay</i>	41
4.1.3 Análise complementar do tempo ativo e do tempo passivo.....	44
4.1.4 Síntese da validação.....	46
4.2 Cenário 1 – Realocação de recursos.....	47
4.2.1 Configuração do cenário.....	48
4.2.2 Resultados das replicações.....	49
4.2.3 Comparação com o cenário-base.....	50
4.2.4 Interpretação da utilização dos recursos.....	52
4.2.5 Discussão dos impactos para a empresa.....	53
4.2.6 Síntese do Cenário 1.....	55

4.3 Cenário 2 – Redução da taxa de retrabalho.....	56
4.3.1 Configuração do cenário.....	57
4.3.2 Resultados das replicações.....	58
4.3.3 Comparação com o cenário-base.....	60
4.3.4 Discussão dos efeitos para a empresa.....	62
4.3.5 Síntese do Cenário 2.....	64
4.4 Cenário 3 – Realocação de recursos e redução de retrabalho.....	65
4.4.1 Configuração do cenário.....	66
4.4.2 Resultados das replicações.....	68
4.4.3 Comparação entre os cenários.....	70
4.4.4 Análise do efeito combinado.....	72
4.4.5 Impactos para a empresa.....	73
4.4.6 Limitações da análise.....	74
4.4.7 Síntese do Cenário 3.....	75
5 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICE A – ARQUIVO DE CONFIGURAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DE- SENVOLVIDO NO JAAMSIM.....	84

1 INTRODUÇÃO

O crédito imobiliário constitui um dos principais motores do desenvolvimento econômico e habitacional no Brasil. A dimensão desse mercado evidencia sua relevância: em 2025, as concessões de financiamento imobiliário com recursos do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo (SBPE), do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) e de fontes livres somaram 324,4 bilhões de reais, com 1,26 milhão de unidades financiadas, e a projeção da Associação Brasileira das Entidades de Crédito Imobiliário e Poupança é de crescimento de 16% para 2026, quando o volume deverá atingir aproximadamente 375 bilhões de reais (ABECIP, 2026).

Esse dinamismo é reforçado pelo novo modelo de financiamento habitacional instituído pelo Conselho Monetário Nacional em outubro de 2025, que viabiliza cerca de 111 bilhões de reais em recursos adicionais no seu primeiro ano de vigência (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025). A eficiência na concessão desse crédito depende fundamentalmente da agilidade e da precisão dos processos internos das instituições financeiras e das empresas de intermediação. Nesse contexto, o *backoffice* (retaguarda administrativa de uma empresa, responsável por atividades internas que garantem a eficiência operacional sem contato direto com o cliente) desempenha um papel estratégico, uma vez que sua eficiência influencia diretamente o tempo de processamento das propostas, a ocorrência de retrabalhos e a capacidade de atendimento da organização. Esse setor é responsável por uma sequência de etapas interdependentes que incluem a triagem de propostas, a análise documental (*checklist*), a interação com clientes e a submissão de processos às plataformas bancárias.

Apesar de sua importância, os processos de *backoffice* no setor de serviços são frequentemente caracterizados por alta variabilidade dos tempos de execução e pela dependência intensiva de recursos humanos. Essas características tornam os atrasos operacionais particularmente onerosos. Estimativas internacionais indicam que o custo de originação de um financiamento imobiliário alcançou aproximadamente 11.800 dólares por contrato em 2025, sendo os gastos com pessoal e retrabalho seus principais componentes, ao passo que a adoção de processos mais eficientes pode reduzir esse custo em até 1.700 dólares por operação (FREDDIE MAC, 2025).

Além do custo direto, a lentidão dos processos pode comprometer a retenção de clientes. Pesquisa realizada pela McKinsey & Company com clientes bancários revelou que 45% daqueles que avaliaram sua experiência geral com a instituição com nota 4 em uma escala de 0

a 10 declararam a intenção de encerrar parte ou a totalidade de suas contas e buscar outra instituição. Nesse contexto, a experiência do cliente compreende aspectos relacionados à qualidade de sua interação com o banco ao longo da prestação do serviço, incluindo agilidade, clareza das informações, transparência e facilidade na condução dos processos. No caso específico do crédito imobiliário, clientes insatisfeitos com a experiência ao longo do processo mostraram-se de duas a cinco vezes mais propensos a realizar o refinanciamento com outra instituição (CHHEDA *et al.*, 2019).

Diferentemente dos sistemas de manufatura, nos quais o fluxo de materiais é visível, as atividades administrativas lidam predominantemente com fluxos de informação intangíveis, o que dificulta a mensuração da capacidade operacional e a identificação precisa de gargalos.

A simulação de eventos discretos emerge, portanto, como uma ferramenta analítica robusta, permitindo a modelagem computacional da dinâmica real do fluxo de trabalho, a incorporação de incertezas e a experimentação de cenários operacionais sem interferir na operação diária. Sob a perspectiva gerencial, a simulação constitui uma ferramenta de apoio à tomada de decisão, uma vez que possibilita representar o comportamento do sistema e avaliar diferentes configurações operacionais antes de sua implementação no ambiente real (SANTOS *et al.*, 2022). Dessa forma, torna-se possível quantificar o efeito de alterações na alocação de equipes, na capacidade dos recursos e na qualidade do fluxo de entrada sobre indicadores como quantidade de propostas concluídas, retrabalho, filas, estoques em processo e utilização dos recursos, reduzindo os riscos e os custos associados à experimentação direta no sistema produtivo. Assim, decisões que poderiam ser tomadas predominantemente com base na experiência ou na percepção dos gestores passam a contar com evidências quantitativas provenientes dos resultados da simulação.

Este trabalho dá continuidade ao estudo de Sussuchi *et al.* (2026), aceito para publicação nos Anais do 46º Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e atualmente no prelo, doravante denominado artigo-base, desenvolvido sobre o mesmo processo de *backoffice* de crédito imobiliário. No artigo-base, foram realizados o mapeamento do fluxo operacional e a construção de um modelo de simulação destinado à análise da capacidade do processo e à avaliação de cenários com diferentes níveis de demanda. Os resultados obtidos permitiram compreender o comportamento do sistema e identificar os principais pontos de acúmulo ao longo do fluxo, fornecendo uma base quantitativa para análises posteriores.

A partir dessa base, a presente pesquisa amplia a análise ao investigar possibilidades de melhoria relacionadas à configuração interna do processo, especialmente à alocação dos recursos humanos e à ocorrência de retrabalho documental. Busca-se, assim, compreender de

que maneira alterações nessas condições podem influenciar o desempenho operacional do sistema. Dessa forma, a pesquisa procura responder à seguinte questão: como a realocação de recursos entre as células e a redução das taxas de retrabalho documental afetam a eficiência operacional do processo de *backoffice* de crédito imobiliário, considerando a quantidade de propostas concluídas, o retrabalho, as filas internas, os estoques em Vistoria e Jurídico e a utilização dos recursos?

1.1 Objetivos

Desenvolver um modelo de simulação de eventos discretos do processo de *backoffice* de uma empresa de crédito imobiliário, utilizando o software de código aberto JaamSim, com foco na avaliação do impacto da realocação de recursos e da redução de retrabalho sobre a quantidade de propostas concluídas, as filas internas, os estoques em Vistoria e Jurídico e a utilização dos recursos.

Para tanto, estabelecem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Parametrizar o modelo computacional a partir de dados empíricos reais, utilizando distribuições estatísticas contínuas validadas para os tempos de processamento;
- b) Verificar e validar quantitativamente o modelo por meio da comparação com os indicadores do artigo-base e da análise estatística de múltiplas replicações, incluindo médias, desvios-padrão e intervalos de confiança;
- c) Propor e simular um cenário de realocação de recursos, alterando o balanceamento das colaboradoras entre as etapas das células de atendimento;
- d) Propor e simular um cenário de redução de retrabalho, avaliando o impacto da queda percentual nas pendências identificadas na etapa de *checklist*;
- e) Comparar a quantidade de propostas concluídas, a ocorrência de retrabalho, as filas internas, os estoques em Vistoria e Jurídico e a utilização dos recursos nos cenários alternativos em relação ao cenário-base, formulando recomendações gerenciais fundamentadas.

1.2 Justificativa

Do ponto de vista gerencial, a análise do *backoffice* mostra-se relevante porque o de-

sempenho dessa etapa influencia diretamente o tempo de processamento das propostas, a ocorrência de retrabalhos e a utilização dos recursos disponíveis. Em um mercado que movimentou R\$ 324,4 bilhões em concessões de crédito imobiliário em 2025 e para o qual se projeta crescimento de 16% em 2026 (ABECIP, 2026), a capacidade de atender ao aumento da demanda sem ampliar proporcionalmente os recursos torna-se uma questão relevante para a gestão operacional. Nesse contexto, compreender de forma quantitativa como alterações na organização das equipes e na incidência de pendências documentais afetam o desempenho do processo pode subsidiar decisões voltadas à melhoria da eficiência.

A necessidade de uma abordagem quantitativa também se justifica pela própria natureza do processo analisado. O *backoffice* apresenta variabilidade nos tempos de execução, formação de filas, compartilhamento de recursos e ocorrência de retrabalhos, fatores cujos efeitos se propagam ao longo das etapas e dificultam a avaliação do sistema por meio de médias ou análises isoladas. Por essa razão, a simulação de eventos discretos foi empregada como instrumento de análise, pois permitiu reproduzir a dinâmica do fluxo, considerar simultaneamente suas interdependências e testar alterações operacionais em ambiente computacional, sem a necessidade de intervir diretamente no processo real. Essa característica possibilitou avaliar previamente os efeitos de diferentes configurações operacionais sem expor a organização aos riscos, custos e possíveis impactos decorrentes da implementação experimental dessas mudanças na operação em andamento. Dessa forma, foi possível avaliar não apenas se determinada mudança produziria efeitos, mas também em quais indicadores e em que intensidade esses efeitos ocorreriam.

A relevância dessa análise também encontra respaldo em estudos sobre melhoria de processos. A pesquisa global de automação inteligente publicada pela Deloitte em 2022, com 479 executivos de 35 países, mostrou que as organizações participantes esperavam alcançar, em média, redução de 31% nos custos nos três anos subsequentes à adoção dessas iniciativas, embora o próprio estudo destaque diferenças relacionadas ao nível de maturidade da automação e ao contexto das organizações (TELFORD *et al.*, 2022). No setor de crédito imobiliário, evidências apresentadas pela Freddie Mac (2025) também indicam que a redução de retrabalhos e o aprimoramento dos processos de originação podem contribuir para a diminuição de custos operacionais. Esses dados não são utilizados como estimativa direta dos ganhos da empresa estudada, mas demonstram a relevância econômica da melhoria de processos em operações administrativas intensivas em informação.

Neste trabalho, a utilização da simulação permitiu mensurar os efeitos de diferentes configurações operacionais sobre a quantidade de propostas concluídas, o retrabalho, as filas

internas, os estoques em Vistoria e Jurídico e a utilização dos recursos. A comparação dos cenários mostrou, portanto, de forma quantitativa, como mudanças na alocação da equipe e nas taxas de pendência modificaram o comportamento do sistema. Essa abordagem forneceu suporte à avaliação de alternativas de melhoria sem a necessidade de implementá-las previamente na operação real, reduzindo a incerteza associada à tomada de decisão.

No âmbito acadêmico e metodológico, o estudo se justifica pela aplicação da simulação de eventos discretos a um processo administrativo de crédito imobiliário, dando continuidade ao artigo-base e ampliando sua análise. Enquanto o estudo anterior concentrou-se na capacidade operacional e no comportamento do sistema diante de aumentos de demanda, a presente pesquisa avaliou cenários relacionados à realocação de recursos e à redução do retrabalho documental. A análise foi complementada pela verificação da lógica computacional, pela comparação com os indicadores do artigo-base e pela execução de múltiplas replicações com tratamento estatístico dos resultados. Dessa forma, o trabalho contribui para demonstrar como a simulação pode apoiar a análise de alternativas de melhoria em processos administrativos caracterizados por variabilidade, interdependência entre atividades e restrições de recursos.

1.3 Delimitações

O estudo restringe-se ao fluxo de *backoffice* da empresa selecionada, abrangendo desde a pré-análise até o encaminhamento e a conclusão das etapas de Vistoria e Jurídico, não incluindo os processos comerciais de prospecção nem as rotinas financeiras. A Vistoria corresponde a uma etapa externa à operação direta do *backoffice*, na qual o processo é encaminhado para a realização das verificações necessárias relacionadas ao imóvel, cabendo à equipe interna principalmente o acompanhamento de sua tramitação. Na sequência, o processo é direcionado à etapa Jurídica, também terceirizada, responsável pela análise jurídica da documentação e que representa a etapa final do fluxo comum considerado no modelo antes das particularidades associadas a cada instituição financeira. Assim, embora essas duas etapas integrem o fluxo simulado e influenciem o tempo total de conclusão dos processos, seus tempos de execução não dependem diretamente da capacidade operacional da equipe interna do *backoffice*.

A avaliação dos cenários concentra-se nos indicadores disponíveis nos relatórios da simulação: propostas geradas e concluídas, quantidade e taxa de retrabalho, filas internas, estoques em Vistoria e Jurídico, unidades médias em uso e utilização dos recursos. Nesse contexto, os estoques em Vistoria e Jurídico representam a quantidade de processos que

permanecem nessas etapas ao longo do período simulado, permitindo avaliar seu impacto sobre o desempenho global do fluxo.

Uma limitação metodológica desta pesquisa refere-se ao tamanho da amostra utilizada para a parametrização dos tempos de serviço, com aproximadamente 20 observações por etapa. Essa restrição decorre da implantação recente da plataforma de registro utilizada pela empresa, o que limitou a disponibilidade de dados históricos. Diante da variabilidade observada nos tempos de processamento, foram empregados procedimentos estatísticos para o ajuste das distribuições de probabilidade utilizadas no modelo, conforme detalhado na seção de metodologia.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica apresenta os conceitos e métodos que sustentam a aplicação da simulação de eventos discretos na avaliação de estratégias de realocação de recursos e redução de retrabalho em processos de *backoffice*. Destaca-se que este trabalho se fundamenta em um estudo anterior que mapeou o processo de *backoffice* da empresa e testou cenários de aumento de demanda (SUSSUCHI et al., 2026). O presente trabalho dá continuidade a esse estudo, concentrando-se em novas configurações operacionais e na avaliação de diferentes cenários aplicáveis à empresa. Os conceitos são apresentados na ordem em que se encadeiam no próprio método do trabalho: da técnica de simulação e do tratamento da variabilidade que a alimenta, passando pela análise de capacidade e pela validação do modelo, até o contexto de aplicação e a ferramenta computacional utilizada.

2.1 Simulação de Eventos Discretos em Processos Administrativos

A simulação de eventos discretos é uma técnica de modelagem computacional que representa a evolução de um sistema ao longo do tempo por meio de mudanças de estado que ocorrem em instantes específicos. Diferentemente da simulação contínua, que modela sistemas com variáveis que mudam continuamente, a simulação discreta é particularmente adequada para sistemas nos quais eventos bem definidos provocam alterações no estado do modelo. Exemplos de tais eventos incluem a chegada de uma demanda, o início de uma atividade, o término de um processamento ou a liberação de um recurso (BANKS *et al.*, 2010; CHWIF; MEDINA, 2015).

Segundo Banks *et al.* (2010), a simulação de eventos discretos permite a análise de sistemas complexos caracterizados por múltiplas variáveis, interdependência entre atividades e presença de incertezas. Diferentemente de métodos analíticos tradicionais, que frequentemente exigem simplificações para viabilizar soluções matemáticas, a simulação possibilita a incorporação de características reais do sistema, como variabilidade nos tempos de processamento, formação de filas e restrições de recursos. Essa flexibilidade torna a simulação uma ferramenta particularmente valiosa na análise de processos administrativos e de serviços, nos quais a dinâmica operacional é complexa e multifatorial.

No contexto de processos de *backoffice*, a simulação de eventos discretos permite modelar o fluxo de trabalho de forma realista, incorporando a variabilidade inerente às atividades

humanas e às interações com clientes. De acordo com Laguna e Marklund (2018), o modelo computacional captura não apenas os tempos médios de execução, mas também a distribuição de probabilidades associada a cada atividade, permitindo observar como o sistema se comporta sob diferentes condições de operação. Essa capacidade de experimentação sem interferência na operação real constitui uma vantagem significativa para fins de planejamento e tomada de decisão gerencial. Essa vantagem, contudo, depende diretamente da qualidade com que o modelo representa a incerteza dos tempos de execução: um modelo alimentado apenas por médias mascara as filas e as oscilações que caracterizam a operação real.

2.2 Variabilidade em Processos Administrativos e Tratamento Estatístico

Os processos administrativos, particularmente aqueles que envolvem análise de documentação e interação com clientes, apresentam elevada variabilidade nos tempos de execução. Essa variabilidade decorre de múltiplos fatores, incluindo a complexidade variável dos casos, a necessidade de contato com terceiros, a ocorrência de pendências documentais e a dependência do fator humano. Conforme destacam Hlupic e De Vreede (2005), diferentemente de processos de manufatura, nos quais a variabilidade pode ser reduzida por meio de padronização e automação, os processos administrativos mantêm uma variabilidade intrínseca que deve ser capturada no modelo de simulação.

Para representar essa variabilidade no modelo de simulação, é necessário ajustar distribuições de probabilidade aos dados coletados empiricamente. O processo de ajuste envolve testar diferentes distribuições candidatas e selecionar aquela que melhor se adequa aos dados observados. Testes de aderência, como o teste de Kolmogorov-Smirnov, fornecem critérios estatísticos para essa seleção, permitindo identificar qual distribuição apresenta melhor ajuste com base em medidas de distância entre a distribuição teórica e os dados empíricos.

As distribuições contínuas, como Lognormal, Normal e Exponencial, são frequentemente utilizadas para modelar tempos de processamento em atividades administrativas. Segundo Johnson, Kotz e Balakrishnan (1994), a distribuição Lognormal é particularmente apropriada para tempos de atividades que apresentam assimetria positiva, ou seja, casos em que a maioria das observações se concentra em valores menores, mas com cauda direita estendida representando casos mais complexos. A distribuição normal é adequada para atividades com maior regularidade. A distribuição exponencial, por sua vez, é frequentemente utilizada para modelar tempos entre eventos, como intervalos entre chegadas de demandas.

É importante notar que a distribuição de Poisson, embora frequentemente mencionada em contextos de simulação, é uma distribuição discreta apropriada para contar o número de eventos em um intervalo de tempo, não para modelar durações contínuas de atividades.

Quando essas distribuições alimentam o modelo de simulação, a variabilidade deixa de ser um dado abstrato e passa a produzir efeitos observáveis: tempos de atravessamento que oscilam, filas que se formam em pontos específicos do fluxo e etapas cuja demanda se aproxima significativamente da capacidade disponível. É precisamente nesses pontos de tensão entre demanda e capacidade que o desempenho global do processo se decide.

2.3 Capacidade Produtiva e Identificação de Gargalos

A capacidade produtiva de um sistema refere-se ao volume máximo de saídas que pode ser gerado em um período determinado, considerando as restrições físicas, humanas e organizacionais. Em sistemas de serviços, a capacidade é fortemente influenciada pela disponibilidade de recursos humanos e pela variabilidade dos tempos de execução. Um princípio fundamental da Teoria das Restrições, proposta por Goldratt e Cox (2012), estabelece que a capacidade global de um sistema não é determinada pela soma das capacidades individuais de suas etapas, mas pela etapa mais restritiva, denominada gargalo.

O gargalo limita o desempenho do sistema como um todo, tornando ineficazes melhorias realizadas em etapas que não representam a principal restrição. De acordo com Rahman (1998), em processos administrativos, a identificação de gargalos apresenta desafios adicionais, uma vez que esses sistemas não operam com fluxos físicos visíveis e dependem fortemente da atuação humana. A variabilidade dos tempos de processamento e a interdependência entre atividades podem dificultar a identificação precisa das restrições quando se utilizam apenas dados médios ou análises isoladas.

A simulação de eventos discretos, ao representar o fluxo completo do processo e as interações entre atividades e recursos, permite observar a formação de filas, a utilização dos recursos e o impacto das restrições sobre o desempenho global. Essa capacidade diagnóstica, entretanto, é tão confiável quanto o próprio modelo que a produz: um gargalo apontado por um modelo mal parametrizado pode simplesmente não existir na operação real, e decisões gerenciais tomadas sobre essa base seriam equivocadas. Garantir que o modelo reproduz o comportamento do sistema real com precisão mensurável é, portanto, um requisito que antecede qualquer experimentação de cenários.

2.4 Validação e Verificação de Modelos de Simulação

A validação e a verificação de modelos de simulação constituem etapas críticas do processo de desenvolvimento. Segundo Law (2015), verificação refere-se ao processo de confirmar que o modelo computacional implementa corretamente a lógica conceitual pretendida, enquanto validação refere-se ao processo de determinar se o modelo representa adequadamente o sistema real, ou seja, se os resultados produzidos pelo modelo são suficientemente próximos aos dados observados na operação real.

A validação quantitativa envolve a comparação de indicadores de desempenho obtidos na simulação com dados reais da operação. Ainda de acordo com Law (2015), essa comparação permite identificar se o modelo captura adequadamente o comportamento do sistema. Quando divergências são observadas, investigações adicionais são necessárias para identificar as causas, que podem incluir parametrizações incorretas, simplificações excessivas ou recortes temporais inadequados. A definição prévia de uma margem de erro aceitável fornece um critério objetivo para avaliar se as divergências observadas são toleráveis ou se ajustes no modelo são necessários.

A validação qualitativa complementa a abordagem quantitativa, envolvendo a consulta a especialistas e gestores que possuem conhecimento prático do processo. Conforme destacam Zomerdijs e De Vries (2007), esses profissionais podem avaliar se os resultados da simulação refletem a percepção real de capacidade, gargalos e dinâmica operacional.

Essa perspectiva qualitativa é particularmente valiosa em processos administrativos, nos quais aspectos subjetivos e contextuais podem influenciar o desempenho de forma não capturada por métricas quantitativas isoladas. A relevância desses cuidados metodológicos é tanto maior quanto mais crítico for o processo modelado para o negócio. No caso deste trabalho, o objeto de estudo é um processo em que erros e atrasos têm consequências comerciais imediatas: o *backoffice* de uma operação de crédito imobiliário, cujas características operacionais impõem exigências particulares ao modelo de simulação.

2.5 Processos de *Backoffice* no Setor de Crédito Imobiliário

Os processos de *backoffice* no setor de crédito imobiliário desempenham papel estratégico nas operações das instituições financeiras e empresas de intermediação. Segundo Delapachitra e Beal (2002), esses processos abrangem atividades administrativas essenciais à

operacionalização dos serviços de concessão de crédito, incluindo a análise documental, a validação de informações, a interação com clientes e instituições financeiras e a formalização de contratos. A eficiência desses processos impacta diretamente o tempo de resposta ao cliente, a taxa de conversão de propostas em operações efetivadas e a rentabilidade operacional.

A complexidade dos processos de *backoffice* decorre tanto da quantidade de informações envolvidas quanto da necessidade de cumprimento de prazos e exigências legais. A ineficiência nessas atividades pode resultar em atrasos na liberação do crédito, retrabalho decorrente de pendências documentais e insatisfação dos clientes. Conforme destacam Zomerdijsk e De Vries (2007), em um mercado competitivo, no qual múltiplas instituições oferecem produtos similares, a agilidade e a confiabilidade do *backoffice* constituem fatores de diferenciação estratégica.

Dessa forma, a análise sistemática e a otimização contínua desses processos tornam-se fundamentais para o desempenho organizacional. Modelar um processo com essas características como múltiplas etapas interdependentes, recursos humanos compartilhados, tempos variáveis e pontos de retrabalho exige um ambiente computacional capaz de representar entidades, filas, recursos e distribuições de probabilidade de forma integrada e de calcular automaticamente os indicadores de desempenho envolvidos.

2.6 Software JaamSim para Simulação de Eventos Discretos

O JaamSim é um *software* de simulação de eventos discretos de código aberto, desenvolvido em Java, que permite a modelagem gráfica de processos e a análise de indicadores de desempenho. A ferramenta oferece uma interface visual para a construção de modelos e suporta a definição de entidades, recursos, filas e regras de roteamento, facilitando a representação de processos complexos.

Dentre as funcionalidades relevantes para este estudo, destacam-se a definição de distribuições de probabilidade para os tempos de processamento, a modelagem de recursos com capacidade limitada, o cálculo automático de indicadores como utilização de recursos, tamanho de filas, estoques em processo e volume processado, além da execução de múltiplas replicações para análise estatística. Essas características tornam o JaamSim adequado à modelagem de processos administrativos e de serviços. Sua escolha também mantém a consistência metodológica com o estudo anterior sobre o mesmo processo de *backoffice* (SUSSUCHI *et al.*, 2026), favorecendo a comparabilidade dos resultados.

3 METODOLOGIA

A presente seção detalha a abordagem metodológica empregada neste estudo, visando conferir rigor científico e replicabilidade aos procedimentos adotados. A descrição minuciosa das técnicas e etapas permite a compreensão integral do trabalho e possibilita a reprodução do método por outros pesquisadores (GIL, 2019).

3.1 Contexto e Objeto de Estudo

O objeto de estudo é o processo de *backoffice* de uma empresa de intermediação de crédito imobiliário localizada no interior de Minas Gerais. O processo compreende as atividades administrativas necessárias para análise, formalização e liberação de propostas de crédito imobiliário. Conforme descrito em Sussuchi *et al.* (2026), o processo é estruturado em quatro macroetapas principais: recebimento e análise inicial, análise de crédito, formalização contratual e liberação de recursos. Cada macroetapa envolve múltiplas atividades, recursos humanos limitados e pontos de decisão que podem gerar retrabalho.

A escolha dessa empresa justifica-se por:

- a) Acesso aos dados operacionais necessários para parametrização do modelo;
- b) Relevância do processo para a competitividade da organização;
- c) Disponibilidade dos parâmetros e indicadores do estudo anterior para comparação e validação quantitativa do modelo;
- d) Continuidade com pesquisa anterior que já havia mapeado e simulado esse processo.

3.2 Coleta e Tratamento de Dados

Os dados utilizados neste estudo foram coletados por meio de observação direta do processo operacional e consulta aos registros do sistema de informação da empresa. Conforme destacado por Sekaran e Bougie (2016), a coleta de dados em pesquisa aplicada pode utilizar múltiplas fontes, incluindo observação direta, entrevistas, documentos e sistemas de informação. A triangulação de fontes aumenta a confiabilidade dos dados coletados.

Os dados coletados incluem:

- a) Tempos de execução de cada atividade em cada macroetapa;

- b) Frequência de ocorrência de retrabalho;
- c) Disponibilidade e alocação de recursos humanos;
- d) Volume de propostas processadas em períodos anteriores;
- e) Características das propostas que influenciam a complexidade do processamento.

A coleta documental foi orientada pelo objetivo de parametrizar o modelo de simulação em nível macro. Para a maioria das etapas, os tempos de processamento foram obtidos com base nos chamados registrados na plataforma, utilizando uma amostra de aproximadamente 20 processos por etapa, conforme o delineamento metodológico apresentado no artigo científico. Esse recorte permitiu estimar os tempos necessários para representar as macroetapas do processo sem ampliar desnecessariamente a complexidade do modelo.

Além dos tempos de processamento, a taxa de chegada dos processos foi estimada a partir do intervalo médio entre chegadas, calculado com base em um mês de observação. Essa informação foi utilizada para representar a entrada de propostas consecutivas no sistema simulado.

A coleta documental foi complementada por observação direta e cronometragem nas atividades com baixa rastreabilidade sistêmica. As etapas “entrada no grupo” e “atuar no grupo”, por envolverem interações principalmente via *WhatsApp*, demandaram medições específicas para estimar tempos médios de execução e frequência de pendências. Essa complementação foi necessária para que o modelo não desconsiderasse atividades relevantes apenas por não estarem integralmente registradas na plataforma.

3.2.1 Variáveis Consideradas na Coleta de Dados

As variáveis consideradas na coleta foram selecionadas conforme sua relevância para a construção e parametrização do modelo de simulação. Para evitar a inclusão de informações sem efeito direto na dinâmica de capacidade, foram priorizadas variáveis relacionadas ao fluxo, ao tempo, aos recursos e ao desempenho operacional.

As variáveis temporais compreenderam os tempos de processamento de cada macroetapa, o intervalo médio entre chegadas e os tempos associados aos retrabalhos decorrentes de pendências. Essas variáveis constituem a base da simulação, pois determinam o ritmo de avanço das entidades pelo sistema e influenciam diretamente a formação de filas e o volume de propostas em cada etapa.

As variáveis operacionais envolveram a etapa do processo, a ocorrência de pendências, os pontos de decisão e a condição de avanço ou retorno no fluxo. Essas variáveis permitiram representar a lógica de roteamento do modelo, especialmente nos casos em que inconsistências documentais ou operacionais exigem novas tratativas antes do prosseguimento do processo.

As variáveis de recursos contemplaram a estrutura operacional vigente, composta por quatro células com três colaboradoras cada, totalizando 12 colaboradoras. Também foi considerada a divisão funcional entre atividades de *checklist*, atendimento via *WhatsApp* e gestão de formulários, bem como a jornada de trabalho de 9 horas diárias. Essas informações foram necessárias para configurar a capacidade de atendimento de cada etapa no JaamSim.

As variáveis de desempenho foram derivadas dos dados de entrada e dos resultados da simulação. Entre elas, destacam-se a quantidade de propostas geradas e concluídas, a quantidade e a taxa de retrabalho, as filas internas, os estoques em Vistoria e Jurídico, as unidades médias em uso e a utilização dos recursos. Esses indicadores permitiram avaliar a capacidade do sistema e comparar o cenário-base com os cenários alternativos definidos neste trabalho.

3.2.2 Período de Coleta e Amostra

O período de coleta de dados compreendeu seis meses de observação contínua do processo operacional. Durante esse período, foram registradas aproximadamente 20 observações de tempo de processamento para cada atividade em cada macroetapa, totalizando uma amostra de aproximadamente 80 observações por macroetapa (considerando as múltiplas atividades em cada etapa). Segundo Law (2015), amostras de tamanho $n \geq 20$ são consideradas adequadas para ajuste de distribuições de probabilidade em contextos de simulação, particularmente quando os dados apresentam variabilidade moderada.

A limitação do tamanho da amostra ($n \approx 20$ por atividade) decorre da implementação recente do sistema de informação da empresa, que impossibilitou a coleta de dados históricos de períodos anteriores. Essa limitação é reconhecida como uma restrição metodológica e deve ser considerada na interpretação dos resultados. Embora se trate de uma amostra reduzida, seu uso foi complementado pela comparação do modelo com os indicadores do estudo de referência, pela verificação da lógica implementada e pela execução de múltiplas replicações para avaliar a estabilidade dos resultados.

3.2.3 Tratamento Estatístico dos Dados

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística descritiva para caracterização das distribuições de probabilidade associadas a cada atividade. A identificação das distribuições de probabilidade foi realizada no *software* R, com o objetivo de representar a variabilidade dos tempos de processamento e dos intervalos entre chegadas. Para cada conjunto de observações, foram calculados: média aritmética, desvio-padrão, mínimo, máximo e quartis. Esses indicadores descritivos fornecem informações sobre a localização, dispersão e forma da distribuição dos dados.

Após a análise descritiva, foram testadas diferentes distribuições de probabilidade candidatas para cada atividade. As distribuições testadas incluem:

- a) Distribuição normal;
- b) Distribuição *Lognormal*;
- c) Distribuição exponencial;
- d) Distribuição uniforme.

A seleção entre essas distribuições justifica-se pela sua frequente utilização em modelagem de tempos de processamento em atividades administrativas (JOHNSON; KOTZ; BALAKRISHNAN, 1994).

Em seguida, foi conduzido o teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) para avaliar a qualidade do ajuste entre a distribuição teórica e os dados empíricos. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi escolhido por ser exato para amostras pequenas e aplicável a qualquer distribuição contínua (LAW, 2015), ao passo que o teste de Anderson-Darling, embora mais sensível nas caudas, depende de valores críticos específicos para cada distribuição, e o critério de informação de Akaike (AIC) não constitui teste de aderência, servindo apenas para comparar modelos entre si, sem indicar se o ajuste é estatisticamente adequado.

Conforme destacado por Massey (1951), o teste KS fornece uma medida da distância máxima entre a função de distribuição acumulada teórica e a função de distribuição acumulada empírica, permitindo avaliar se a distribuição teórica é adequada para representar os dados observados.

A distribuição com menor estatística de teste KS (e correspondentemente maior valor p) foi selecionada como a mais apropriada para representar cada atividade. Esse procedimento foi realizado para cada uma das atividades em cada macroetapa, resultando em um conjunto de distribuições parametrizadas que refletem a variabilidade observada no processo real.

3.3 Construção do Modelo de Simulação

O modelo de simulação foi desenvolvido seguindo a abordagem de modelagem conceitual proposta por Robinson (2004). Segundo Robinson (2004), a modelagem conceitual envolve a definição clara do escopo do modelo, das entidades e atributos a serem representados, das atividades e eventos que caracterizam o sistema, e das relações entre os componentes do modelo.

Os recursos são os analistas de crédito e os sistemas computacionais disponíveis para processamento. As filas representam as propostas aguardando disponibilidade de recursos em cada macroetapa. No modelo desenvolvido, as entidades são as propostas de crédito imobiliário que fluem através do processo.

Embora potencialmente influenciadores do tempo de processamento, atributos como tipo de cliente (pessoa física ou jurídica), valor do crédito solicitado, complexidade da documentação e necessidade de análise jurídica adicional não foram explicitamente parametrizados no modelo. A abordagem adotada em nível macro priorizou a representação da dinâmica de filas, recursos e tempos de processamento agregados por macroetapa, em detrimento da segmentação por atributos individuais das propostas.

Os dados efetivamente parametrizados incluem: a) tempos de processamento por macroetapa, extraídos da plataforma operacional com base em SLAs (*Service Level Agreement*) registrados, utilizando uma amostra de aproximadamente 20 processos por etapa; b) taxa de chegada de processos, calculada a partir do intervalo médio entre chegadas em um mês de observação; c) estrutura de recursos, composta por quatro células com três colaboradoras cada, totalizando 12 colaboradoras, com divisão funcional entre atividades de *checklist*, atendimento via *WhatsApp* e gestão de formulários; e d) frequência de retrabalho, parametrizada a partir da ocorrência de pendências identificadas em macroetapas críticas.

3.4 Implementação no *software* JaamSim

O modelo foi implementado no *software* JaamSim, um simulador de eventos discretos de código aberto desenvolvido em Java. A escolha do JaamSim justifica-se por:

- a) Ausência de custos de licença;
- b) Adequação às características do sistema modelado;
- c) Disponibilidade de componentes nativos compatíveis com a lógica do processo;

d) Consistência com trabalho anterior sobre o mesmo processo.

Além disso, para a implementação do modelo no *software*, foram definidos os seguintes requisitos:

- Definição das entidades (propostas de crédito) e seus atributos;
- Criação de filas para cada macroetapa; definição de servidores (recursos) com capacidade limitada;
- Especificação das distribuições de probabilidade para tempos de processamento; implementação da lógica de roteamento das entidades entre macroetapas;
- Modelagem de pontos de decisão que geram retrabalho;
- Definição de indicadores de desempenho a serem coletados durante a simulação.

A lógica de retrabalho foi modelada por meio de pontos de decisão probabilísticos em macroetapas críticas. Quando uma proposta completa uma atividade, há uma probabilidade definida (parametrizada a partir dos dados coletados) de que pendências sejam identificadas, gerando necessidade de reproprocessamento. Nesse caso, a proposta retorna à fila da macroetapa anterior, aguardando reproprocessamento.

Todas as replicações foram iniciadas no instante inicial ($t = 0$) com o sistema vazio, sem propostas nas filas ou em processamento, e com todos os recursos disponíveis. Não foi adotado período de aquecimento (*warm-up*), uma vez que o modelo foi configurado como uma simulação terminante, com horizonte previamente definido de 2.376 horas operacionais. Esse horizonte anual corresponde a 12 meses de operação, considerando 22 dias úteis por mês e uma jornada operacional de 9 horas por dia ($12 \times 22 \times 9 = 2.376$ horas). Para cada configuração experimental, foram executadas dez replicações independentes, cada uma com horizonte de 2.376 horas operacionais. Assim, cada cenário compreendeu 23.760 horas de execução simulada (10×2.376 horas). Esse valor corresponde à soma dos horizontes das replicações utilizadas para a análise estatística e não a um único período contínuo de 23.760 horas, uma vez que cada replicação constitui uma execução independente do modelo, reiniciada em $t = 0$ e submetida à variabilidade estocástica definida para o experimento.

A escolha de dez replicações foi baseada na análise da estabilidade dos resultados. Em testes preliminares realizados com um número superior de replicações, verificou-se que o aumento da quantidade de execuções não provocava alterações relevantes nas médias dos principais indicadores de desempenho nem modificava as conclusões da análise, resultando apenas em maior tempo de processamento computacional. Dessa forma, dez replicações foram consideradas suficientes para representar a variabilidade estocástica do modelo e proporcionar estabilidade aos resultados, mantendo um equilíbrio adequado entre precisão estatística e esforço

computacional.

3.5 Definição dos cenários

O cenário-base representa a operação atual da empresa, com a configuração de recursos e processos observada durante o período de coleta de dados. Nesse cenário, o modelo replica a alocação de recursos humanos, os tempos de processamento e as taxas de retrabalho observadas na operação real. O cenário-base serve como ponto de referência para avaliação dos cenários alternativos.

A definição dos cenários alternativos foi baseada em aspectos operacionais identificados na análise do processo e do cenário-base, considerando intervenções factíveis para a empresa e diretamente relacionadas aos objetivos do estudo. Foram selecionadas duas frentes principais: a redistribuição dos recursos humanos, motivada pelas diferenças observadas na utilização das equipes, e a redução do retrabalho documental, associada à ocorrência de pendências ao longo do fluxo. A combinação dessas duas intervenções também foi analisada, permitindo avaliar seus efeitos isolados e conjuntos sobre o desempenho do sistema.

3.5.1 Cenário 1: realocação de recursos

O Cenário 1 foi definido como uma configuração experimental de simulação para avaliar os efeitos da redistribuição dos recursos humanos entre as atividades internas do *backoffice*. Sua proposição foi motivada pela diferença de utilização observada entre os dois agrupamentos de recursos no cenário-base, o que levou à hipótese de que uma redistribuição da capacidade poderia proporcionar melhor balanceamento do processo.

Para testar essa hipótese, simulou-se a transferência de uma colaboradora da Atuação em Grupo para as atividades sequenciais, alterando a distribuição de quatro e oito para cinco e sete colaboradoras, respectivamente, sem modificar o número total de profissionais. A configuração foi utilizada para verificar se essa redistribuição produziria alterações nos indicadores de desempenho do sistema.

3.5.2 Cenário 2: redução de retrabalho

O Cenário 2 foi definido como uma configuração experimental destinada a avaliar os efeitos da redução das pendências documentais que provocam o retorno das propostas à etapa de *Checklist*. A escolha desse cenário foi motivada pela ocorrência de retrabalho observada no processo, uma vez que esses retornos exigem a repetição de atividades internas e, consequentemente, consumo adicional de capacidade.

Para o experimento, adotou-se uma redução relativa de 50% na probabilidade de retrabalho, passando de 15% no cenário-base para 7,5%. Esse percentual foi estabelecido como uma hipótese experimental para avaliar a resposta do sistema diante de uma redução significativa das pendências, não constituindo uma meta previamente comprovada pela empresa. Na prática, essa redução poderia estar associada a iniciativas como treinamento, padronização dos procedimentos, revisão das orientações e utilização de listas de verificação.

3.5.3 Cenário 3: combinado

O terceiro cenário alternativo combina as estratégias dos dois cenários anteriores: realocação de recursos e redução de retrabalho. Esse cenário permite avaliar o efeito sinérgico de múltiplas iniciativas de melhoria implementadas simultaneamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o levantamento do processo e a definição dos parâmetros estatísticos detalhados na metodologia, procedeu-se à implementação do modelo computacional no *software* JaamSim. O modelo desenvolvido tem como objetivo representar o fluxo operacional do setor de *backoffice* da empresa, preservando rigorosamente a sequência das atividades observadas no processo real.

A estrutura do modelo foi organizada para refletir a dinâmica de tramitação das demandas no setor. A entidade central que percorre o sistema foi definida como a proposta de financiamento imobiliário. Para o processamento dessas entidades, o modelo contemplou 12 colaboradoras do *backoffice*, distribuídas em dois agrupamentos de recursos: quatro unidades associadas às atividades sequenciais e oito unidades destinadas à Atuação em Grupo. Além dessas profissionais, foi configurado um recurso separado e dedicado à etapa inicial de Pré-Análise. As filas foram utilizadas para representar as propostas que aguardam disponibilidade de recursos, sendo aplicadas apenas nas etapas internas do *backoffice*.

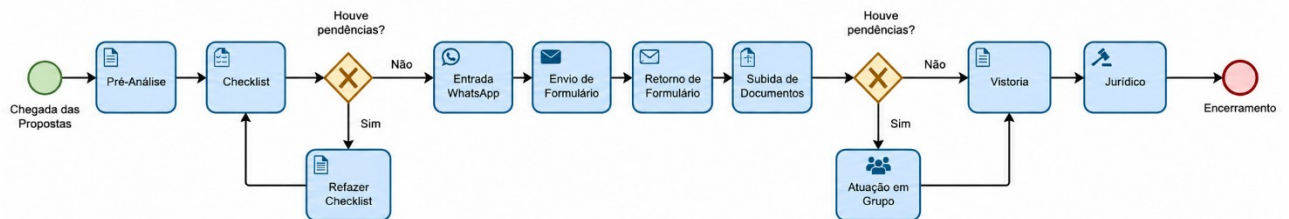
Para a construção dessa estrutura no JaamSim, foram empregados diferentes componentes nativos do *software*, cada qual com uma função específica na lógica do modelo. O componente *EntityGenerator* foi responsável por simular a chegada das propostas de financiamento ao sistema. O objeto *Queue* foi utilizado para estruturar as filas de espera antes de cada atividade interna. O processamento das propostas pelos recursos alocados foi representado por meio do *EntityProcessor*, enquanto o objeto *Resource* definiu a capacidade de atendimento disponível em cada etapa.

Para as etapas externas de Vistoria e Jurídico, utilizou-se o componente *EntityDelay*, que representa o tempo de permanência das propostas sem exigir a alocação de recursos internos. O roteamento das entidades, incluindo os retornos por retrabalho quando identificadas pendências, foi modelado através do componente *Branch*. Por fim, o *EntitySink* foi empregado para contabilizar as propostas concluídas e retirá-las do sistema.

A Figura 1 apresenta o mapeamento do fluxo do processo de *backoffice* utilizado como base para a construção do modelo. Observa-se que o fluxo se inicia com a chegada das propostas e a etapa de Pré-Análise, seguindo para o *Checklist*, Entrada via *WhatsApp*, Envio e Retorno de Formulário e Subida de Documentos. Na sequência, o processo contempla pontos de decisão que podem direcionar as propostas para a Atuação em Grupo, até o encaminhamento às etapas externas de Vistoria e Jurídico e, por fim, ao encerramento. A representação do fluxo permite visualizar a ordem das atividades, os pontos de decisão e os possíveis retornos por retrabalho,

constituindo, portanto, a base conceitual da lógica posteriormente implementada no modelo computacional.

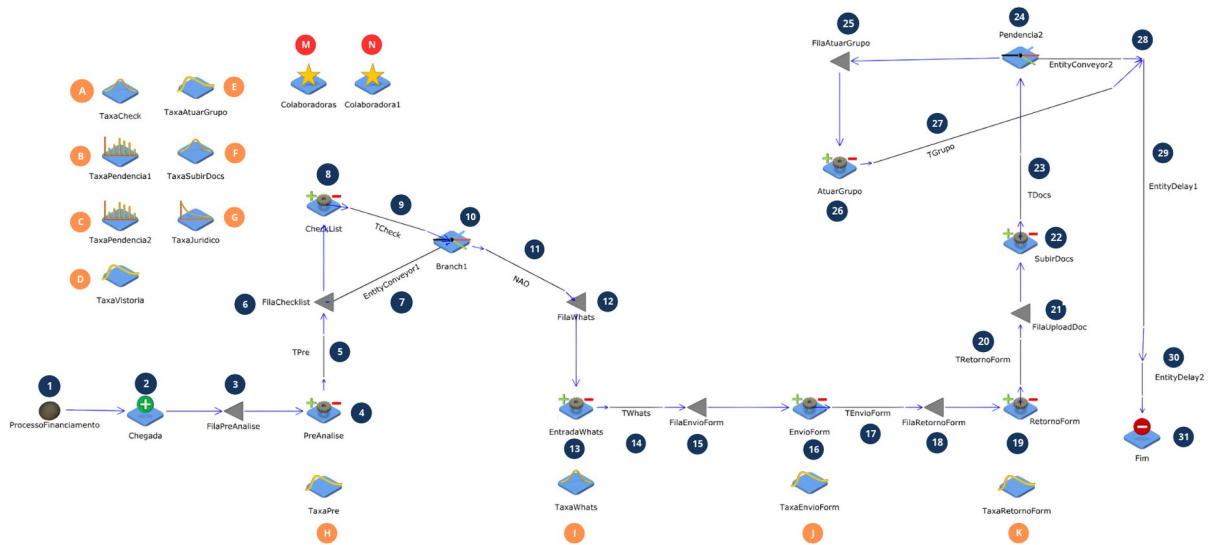
Figura 1 – Fluxo do processo de *backoffice*



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Com base no fluxo apresentado na Figura 1, a Figura 2 apresenta o modelo computacional implementado no JaamSim. Nessa representação, observa-se a tradução do processo mapeado para o ambiente de simulação, mediante a utilização de entidades, filas, processadores, recursos, distribuições de probabilidade e objetos de decisão e roteamento. A estrutura lógica do processo real foi preservada, ao mesmo tempo em que foram incorporados os elementos necessários para representar os tempos de processamento, a utilização dos recursos e a ocorrência de retrabalho.

Para facilitar a identificação e a compreensão dos componentes utilizados na implementação, os elementos do modelo apresentados na Figura 2 foram numerados e relacionados na Tabela 1. A tabela associa cada elemento à sua respectiva função no fluxo simulado, permitindo distinguir os objetos responsáveis pela geração e movimentação das propostas, pelas filas e atividades de processamento, pelas decisões de roteamento, pela alocação dos recursos e pela representação das distribuições de probabilidade utilizadas no modelo.

Figura 2 – Modelo computacional do *backoffice***Model BackOffice**

1970-Jan-01 00:00:00.000

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 1 – Identificação dos elementos do modelo desenvolvido no JaamSim

Item	Nome no JaamSim	Breve explicação
1	ProcessoFinanciamento	Entidade que representa cada proposta de financiamento que percorre o modelo.
2	Chegada	Gera as propostas que entram no sistema, representando a chegada de novas demandas ao <i>backoffice</i> .
3	FilaPreAnalise	Armazena as propostas que aguardam atendimento na etapa de Pré-Análise.
4	PreAnalise	Representa o processamento inicial das propostas na etapa de Pré-Análise.
5	TPre	Encaminha as propostas processadas na Pré-Análise para a fila do <i>Checklist</i> .
6	FilaChecklist	Armazena as propostas que aguardam atendimento na etapa de <i>Checklist</i> .
7	EntityConveyor1	Encaminha novamente à fila do <i>Checklist</i> as propostas que precisam de retrabalho.
8	CheckList	Representa a conferência e a verificação documental das propostas.
9	TCheck	Encaminha as propostas concluídas no <i>Checklist</i> para a primeira decisão do fluxo.
10	Branch1	Realiza a primeira decisão de roteamento, determinando se a proposta continua no fluxo ou retorna ao <i>Checklist</i> .
11	NAO	Encaminha para a Entrada WhatsApp as propostas que seguem normalmente no fluxo, sem retorno ao <i>Checklist</i> .

Item	Nome no JaamSim	Breve explicação
12	FilaWhats	Armazena as propostas que aguardam atendimento na etapa de Entrada WhatsApp.
13	EntradaWhats	Representa o processamento das propostas na etapa de Entrada WhatsApp.
14	TWhats	Encaminha as propostas da Entrada WhatsApp para a fila de Envio de Formulário.
15	FilaEnvioForm	Armazena as propostas que aguardam a atividade de Envio de Formulário.
16	EnvioForm	Representa a atividade de envio do formulário ao cliente.
17	TEnvioForm	Encaminha as propostas para a fila de Retorno de Formulário.
18	FilaRetornoForm	Armazena as propostas que aguardam o processamento do formulário devolvido.
19	RetornoForm	Representa o processamento do retorno do formulário preenchido.
20	TRetornoForm	Encaminha as propostas processadas para a fila de Upload de Documentos.
21	FilaUploadDoc	Armazena as propostas que aguardam a etapa de Subida de Documentos.
22	SubirDocs	Representa a atividade de inclusão dos documentos da proposta no sistema.
23	TDocs	Encaminha as propostas da Subida de Documentos para a segunda decisão do fluxo.
24	Pendencia2	Realiza a segunda decisão de roteamento, direcionando as propostas para a Atuação em Grupo ou diretamente para a Vistoria.
25	FilaAtuarGrupo	Armazena as propostas que aguardam atendimento na etapa de Atuação em Grupo.
26	AtuarGrupo	Representa o tratamento das propostas destinadas à Atuação em Grupo.
27	TGrupo	Encaminha as propostas concluídas na Atuação em Grupo para a etapa de Vistoria.
28	EntityConveyor2	Encaminha diretamente para a Vistoria as propostas que não passam pela Atuação em Grupo.
29	EntityDelay1	Representa a etapa externa de Vistoria e o tempo de permanência das propostas nessa fase.
30	EntityDelay2	Representa a etapa externa do Jurídico e o tempo de permanência das propostas nessa fase.
31	Fim	Contabiliza as propostas concluídas e as retira do sistema.
A	TaxaCheck	Distribuição normal utilizada para representar o tempo de processamento do <i>Checklist</i> .
B	TaxaPendencia1	Distribuição discreta utilizada na primeira decisão, com 85% de continuidade e 15% de retorno ao <i>Checklist</i> .
C	TaxaPendencia2	Distribuição discreta utilizada na segunda decisão, com 85% de encaminhamento para a Atuação em Grupo e 15% de encaminhamento direto para a Vistoria.

Item	Nome no JaamSim	Breve explicação
D	TaxaVistoria	Distribuição lognormal utilizada para representar o tempo de permanência das propostas na Vistoria.
E	TaxaAtuarGrupo	Distribuição lognormal utilizada para representar o tempo de processamento da Atuação em Grupo.
F	TaxaSubirDocs	Distribuição normal utilizada para representar o tempo da Subida de Documentos.
G	TaxaJuridico	Distribuição exponencial utilizada para representar o tempo de permanência das propostas no Jurídico.
H	TaxaPre	Distribuição lognormal utilizada para representar o tempo de processamento da Pré-Análise.
I	TaxaWhats	Distribuição normal utilizada para representar o tempo de processamento da Entrada WhatsApp.
J	TaxaEnvioForm	Distribuição lognormal utilizada para representar o tempo de processamento do Envio de Formulário.
K	TaxaRetornoForm	Distribuição lognormal utilizada para representar o tempo de processamento do Retorno de Formulário.
M	Colaboradoras	Recurso humano utilizado na Atuação em Grupo, com capacidade para oito atendimentos simultâneos no cenário-base.
N	Colaboradora1	Recurso humano compartilhado pelas atividades sequenciais internas, com capacidade para quatro atendimentos simultâneos no cenário-base.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A descrição apresentada complementa a representação gráfica da Figura 2 ao explicitar a função de cada componente na lógica computacional. Dessa forma, torna-se possível relacionar as etapas do processo real aos respectivos objetos empregados no JaamSim, bem como compreender como as propostas percorrem o sistema desde sua geração até o encerramento, incluindo os pontos de decisão, os retornos por retrabalho, a utilização dos recursos internos e a permanência nas etapas externas de Vistoria e Jurídico.

Durante todo esse percurso, o modelo contemplou os retornos por retrabalho sempre que foram identificadas pendências em pontos críticos de verificação. Para a execução dos experimentos, o modelo foi configurado com um horizonte de simulação anual correspondente a 2.376 horas operacionais. Após a conclusão dessa etapa de implementação, o modelo foi submetido ao processo de validação, com o intuito de verificar sua capacidade de reproduzir adequadamente o comportamento observado na operação da empresa, etapa detalhada na subseção a seguir.

4.1 Processo de validação do modelo

Após a implementação computacional do fluxo descrito na seção anterior, o modelo foi submetido a um processo de validação por comparação com os indicadores apresentados no artigo-base. A validação foi conduzida de forma sucessiva: a cada divergência relevante, foram examinados os parâmetros, os objetos e as conexões do arquivo de configuração do JaamSim, mantendo-se inalterados os dados de entrada e as distribuições probabilísticas utilizadas no estudo original.

Esse procedimento iterativo é coerente com a concepção de validação como processo comparativo e gradual, no qual as divergências entre modelo e sistema de referência não são meros erros a eliminar, mas evidências que orientam o diagnóstico das causas e o refinamento da representação computacional (LAW, 2015).

Na primeira execução, o modelo não reproduziu satisfatoriamente os resultados apresentados. Embora a quantidade de propostas geradas estivesse coerente com o artigo, observou-se formação excessiva de fila na etapa de *Checklist*, com mais de 500 propostas represadas, e conclusão de aproximadamente 1.142 processos ao final do horizonte anual.

Esse comportamento indicava a existência de uma limitação artificial na capacidade das etapas internas do *backoffice*. A natureza do sintoma já direcionava o diagnóstico: uma fila concentrada em uma única etapa interna, acompanhada de queda no volume concluído, é o comportamento típico de um gargalo, e a Teoria das Restrições prevê exatamente que a capacidade global do sistema fica limitada pela etapa mais restritiva (GOLDRATT; COX, 2012).

Como o processo real não apresentava represamento dessa magnitude no *Checklist*, a restrição não podia ser um atributo da operação: tratava-se de uma limitação artificial introduzida pela própria implementação computacional, o que motivou a inspeção dos parâmetros de capacidade descrita a seguir.

4.1.1 Correção da capacidade dos processadores

A análise do arquivo de configuração revelou que os objetos do tipo *EntityProcessor* correspondentes às etapas *Checklist*, Entrada *WhatsApp*, Envio de Formulário, Retorno de Formulário, Subida de Documentos e Atuação em Grupo não possuíam o parâmetro *Capacity* explicitamente definido. Na ausência desse valor, o JaamSim adotava a capacidade padrão igual a uma entidade em processamento simultâneo.

A causa do erro, portanto, não estava nos dados nem na lógica do fluxo, mas em uma premissa implícita da ferramenta: como acontece na maioria dos simuladores de eventos discretos, todo parâmetro não declarado assume um valor padrão, e esse valor padrão não é necessariamente compatível com o sistema modelado.

No JaamSim, a capacidade do recurso e a capacidade do processador atuam simultaneamente como restrições, prevalecendo sempre a mais limitante. Dessa forma, ainda que o recurso Colaboradora1 dispusesse de quatro unidades e o recurso Colaboradoras, utilizado na Atuação em Grupo, dispusesse de oito, cada processador aceitava apenas uma proposta por vez, sendo o equivalente, na prática, a manter três das quatro colaboradoras da célula permanentemente ociosas enquanto a fila crescia.

A implicação prática dessa inconsistência vai além do experimento em si e constitui um alerta metodológico relevante: um modelo com essa falha subestimaria a capacidade real do setor em cerca de um quarto do volume anual e apontaria o *Checklist* como gargalo inexistente. Decisões gerenciais derivadas desse diagnóstico, como contratar pessoal adicional para uma etapa que não é restritiva, seriam equivocadas e onerosas, ilustrando por que a validação deve preceder qualquer experimentação de cenários (LAW, 2015).

A correção adotada consistiu em declarar explicitamente o parâmetro *Capacity* de cada processador com o valor correspondente à capacidade do recurso associado, conforme apresentado na Tabela 2. Essa solução é a mais adequada do ponto de vista da modelagem porque restaura a correspondência conceitual entre o modelo e o sistema real: se uma célula possui quatro colaboradoras, o processador que a representa deve admitir até quatro propostas em processamento simultâneo, deixando ao objeto *Resource* o papel de restringir o atendimento quando todas as unidades estiverem ocupadas.

Após essa correção, a fila artificial observada no *Checklist* foi praticamente eliminada e os indicadores de roteamento passaram a apresentar valores próximos aos do artigo. O comportamento do modelo confirmou o diagnóstico: removida a restrição artificial, o represamento desapareceu sem qualquer alteração nos dados de entrada, evidenciando que a fila anterior era um artefato da implementação e não uma propriedade do processo.

Tabela 2 – Capacidades configuradas nos processadores internos

Processador	Capacidade do processador	Recurso associado	Capacidade do recurso
<i>Checklist</i>	4	Colaboradora1	4
Entrada WhatsApp	4	Colaboradora1	4
Envio de Formulário	4	Colaboradora1	4
Retorno de Formulário	4	Colaboradora1	4
Subida de Documentos	4	Colaboradora1	4
Atuação em Grupo	8	Colaboradoras	8

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Entretanto, o modelo ainda concluía aproximadamente 1.613 propostas, resultado superior às 1.483 conclusões apresentadas no estudo de referência. Além disso, os estoques finais nas etapas de Vistoria e Jurídico permaneciam inferiores aos valores publicados. Isso indicava que as propostas estavam atravessando as etapas de Vistoria e Jurídico mais rapidamente do que deveriam, deslocando a investigação para a forma como essas etapas externas haviam sido representadas.

4.1.2 Substituição de *EntityConveyor* por *EntityDelay*

Na sequência da análise, verificou-se que as etapas de Vistoria e Jurídico estavam representadas por objetos do tipo *EntityConveyor*. A causa da divergência, nesse caso, era de natureza conceitual: o *EntityConveyor* foi projetado para representar o deslocamento de entidades ao longo de um percurso, no qual o tempo de travessia depende da dinâmica coletiva do transportador. No processo estudado, contudo, Vistoria e Jurídico não envolvem movimentação física: cada proposta permanece em análise por um período próprio, determinado pelas distribuições probabilísticas correspondentes, independentemente das demais propostas em tramitação.

Além disso, essas fases são externas à estrutura do *backoffice* e não consomem os recursos de colaboradoras considerados no modelo, o próprio artigo-base as caracteriza como etapas terceirizadas, responsáveis pela maior parcela do estoque remanescente ao final do horizonte simulado. Havia, portanto, uma não conformidade entre a semântica do objeto computacional e a natureza da etapa que ele pretendia representar.

A implicação prática desse descompasso é direta: ao acelerar artificialmente a travessia das etapas externas, o modelo transferia para a conclusão propostas que, na operação real, ainda

estariam em análise, inflando o volume concluído e esvaziando os estoques de Vistoria e Jurídico. Em um estudo cujo objetivo é avaliar a capacidade e o desempenho do fluxo, uma distorção desse tipo comprometeria os cenários experimentais subsequentes.

Diante dessa diferença conceitual, os objetos utilizados nessas duas etapas foram substituídos por *EntityDelay*. Esse componente atribui a cada entidade um tempo próprio de permanência, permitindo que as propostas permaneçam em análise durante as durações sorteadas pelas respectivas distribuições. Foram mantidas, sem alteração, as distribuições TaxaVistoria e TaxaJuridico, bem como os demais parâmetros do cenário-base. Portanto, a modificação incidiu exclusivamente sobre o objeto empregado para representar essas etapas.

Essa alteração também modificou a interpretação do número de entidades presentes em Vistoria e Jurídico. Como não existe recurso com capacidade limitada associado aos objetos *EntityDelay*, as propostas existentes nessas etapas não formam uma fila convencional de espera por atendimento. Elas representam processos em tramitação que ainda não completaram o tempo de permanência sorteado. Dessa forma, os termos “estoque em Vistoria” e “estoque em Jurídico” são mais adequados do que “fila de Vistoria” e “fila de Jurídico”.

Após a substituição, o modelo passou a reproduzir praticamente todos os principais indicadores apresentados no artigo-base, conforme demonstrado na Tabela 3.

A leitura conjunta da Tabela 3 permite avaliar a qualidade da validação para além da coincidência numérica. Os indicadores estruturais do fluxo (propostas geradas, concluídas e em aberto) foram reproduzidos integralmente, e os estoques externos e contagens de roteamento divergiram em no máximo uma entidade, diferença atribuível ao caráter estocástico da simulação e desprezível frente ao volume anual de 2.037 propostas.

As proporções de encaminhamento da segunda decisão permaneceram em 86,6% para Atuação em Grupo e 13,4% para Vistoria direta, idênticas às do estudo de referência, o que confirma a fidelidade da lógica de roteamento implementada nos objetos *Branch*.

Tabela 3 – Comparação entre o artigo-base e o modelo validado

Indicador	Artigo-base	Modelo validado	Diferença
Processos gerados	2.037	2.037	0
Processos concluídos	1.483	1.483	0
Processos em aberto ao final	554	554	0
Entrada em Vistoria	2.034	2.035	+1
Estoque final em Vistoria	173	173	0
Entrada em Jurídico	1.861	1.862	+1
Estoque final em Jurídico	378	379	+1
Atuação em grupo	1.761	1.762	+1
Vistoria direta	273	273	0
Retrabalho na primeira decisão	14,7%	16,0%	+1,3 p.p.
Utilização da Colaboradora1	46,0%	53,3%	+7,3 p.p.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

O artigo informa que 2.037 propostas foram geradas e 1.483 foram concluídas no cenário-base. Também foram reportadas 173 propostas em Vistoria e 378 em Jurídico ao final do horizonte anual. No modelo validado, o número de propostas geradas e concluídas foi reproduzido integralmente, enquanto os estoques das etapas externas apresentaram diferença máxima de uma entidade.

A lógica da segunda decisão também apresentou elevada correspondência. O artigo registrou 1.761 propostas encaminhadas para Atuação em Grupo e 273 direcionadas diretamente para Vistoria, enquanto o modelo apresentou, respectivamente, 1.762 e 273 propostas. A diferença de uma entidade não altera a proporção de encaminhamento do fluxo, que permaneceu próxima de 86,6% para Atuação em Grupo e 13,4% para Vistoria direta.

A taxa de retrabalho na primeira decisão apresentou pequena divergência. No artigo, aproximadamente 14,7% das passagens retornaram ao *Checklist*, enquanto o modelo validado apresentou cerca de 16,0%. Essa diferença de 1,3 ponto percentual é esperada em um indicador que resulta da amostragem de uma probabilidade de pendência ao longo de milhares de passagens: pequenas flutuações amostrais entre execuções distintas produzem oscilações dessa magnitude sem que a lógica de retorno parametrizada tenha sido alterada.

A principal divergência remanescente ocorreu na utilização do recurso Colaboradora1. O artigo apresenta utilização aproximada de 46,0% da capacidade disponível, enquanto o

relatório do modelo validado resultou em aproximadamente 53,3%. A utilização do recurso foi calculada pela razão entre a quantidade média de unidades em uso e sua capacidade total:

$$U = \frac{\text{UnitsInUseAverage}}{\text{Capacity}} \times 100 \quad (1)$$

Considerando uma média de aproximadamente 2,13 unidades em uso e capacidade igual a quatro colaboradoras, obteve-se:

$$U = \frac{2,13}{4} \times 100 \approx 53,3 \quad (2)$$

Como essa diferença permaneceu nas diferentes execuções realizadas, ela foi investigada separadamente.

4.1.3 Análise complementar do tempo ativo e do tempo passivo

A hipótese formulada para explicar a divergência parte da origem dos dados: o ERP da empresa registra o intervalo entre a entrada e a saída da proposta na etapa de *Checklist*, sem distinguir o período em que a colaboradora está efetivamente dedicada ao processo (tempo ativo) dos períodos em que a proposta aguarda documentos, respostas de clientes ou outras interações externas (tempo passivo).

Se essa hipótese for verdadeira, a distribuição ajustada aos registros do ERP, com média de 82,65 minutos e desvio-padrão de 26,15 minutos superestima o tempo de serviço, pois o modelo original aplicava todo o intervalo como ocupação do *EntityProcessor*, mantendo uma unidade do recurso Colaboradora1 bloqueada inclusive durante esperas que, na operação real, liberam a colaboradora para outras propostas. O efeito esperado seria justamente uma utilização simulada superior à real, na direção da divergência observada.

Para avaliar a hipótese, foi criada uma versão experimental do modelo na qual o tempo total do *Checklist* foi dividido em duas parcelas:

- 62,50 minutos de tempo ativo, aplicados no *EntityProcessor* e associados ao recurso Colaboradora1;
- 20,15 minutos de tempo passivo, aplicados em um *EntityDelay* sem utilização de recurso.

A proporção do tempo ativo em relação ao tempo total foi calculada por:

$$p_a = \frac{62,50}{82,65} = 0,7562 \quad (3)$$

O desvio-padrão atribuído ao tempo ativo foi estimado proporcionalmente:

$$\sigma_a = 26,15 \times 0,7562 \approx 19,77 \text{ min} \quad (4)$$

Para o tempo passivo, adotou-se:

$$p_p = \frac{20,15}{82,65} = 0,2438 \quad (5)$$

$$\sigma_p = 26,15 \times 0,2438 \approx 6,38 \text{ min} \quad (6)$$

Os parâmetros utilizados no teste são sintetizados na Tabela 4.

Tabela 4 – Divisão experimental do tempo do *Checklist*

Parcela	Objeto utilizado	Média	Desvio-padrão	Utilização de recurso
Tempo ativo	<i>EntityProcessor</i>	62,50 min	19,77 min	Sim
Tempo passivo	<i>EntityDelay</i>	20,15 min	6,38 min	Não
Tempo total		82,65 min	26,15 min	

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Com essa configuração, o modelo continuou concluindo 1.483 propostas e manteve praticamente os estoques finais de Vistoria e Jurídico. Entretanto, a utilização da Colaboradora1 reduziu de aproximadamente 53,3% para 44,8%, aproximando-se do valor de 46,0% apresentado no artigo-base.

O resultado do experimento sustenta a hipótese em dois aspectos complementares. Primeiramente, a redução da utilização ocorreu sem perturbar os demais indicadores validados, o que é consistente com uma modificação que altera apenas a contabilização da ocupação do recurso, e não o fluxo das propostas. Em segundo lugar, o ajuste das porcentagens (de 53,3% para 44,8%, contra 46,0% de referência) é compatível com a fração de tempo passivo estimada.

Contudo, a aproximação do valor publicado não constitui evidência suficiente para afirmar que a divisão adotada representa a operação real: não foram obtidos registros separados que permitissem determinar empiricamente quanto do tempo total corresponde a trabalho efetivo e quanto corresponde a espera, e os valores de 62,50 e 20,15 minutos decorrem de estimativa, não de medição.

Validar um modelo exige mais do que reproduzir um indicador; é necessário que os mecanismos internos que produzem o indicador correspondam aos do sistema real (LAW, 2015), condição que não pôde ser verificada com os dados disponíveis.

Em consulta ao orientador, a hipótese foi considerada tecnicamente plausível, especialmente porque sistemas ERP frequentemente registram o tempo total de permanência da proposta na etapa, e não o tempo de dedicação do recurso. Ainda assim, optou-se por manter essa representação apenas como análise complementar e registrá-la como limitação do estudo, preservando o cenário-base validado sem a divisão do *Checklist*.

Essa decisão foi tomada de forma deliberada e cautelosa: como não havia dados que comprovassem a divisão entre tempo ativo e tempo passivo, incorporá-la ao cenário-base significaria adotar uma suposição sem comprovação, o que reduziria a confiabilidade dos resultados. Mantida como análise complementar, a divisão cumpre o papel de registrar o efeito potencial dessa limitação dos dados sem alterar o modelo validado. Para trabalhos futuros, recomenda-se medir separadamente os dois tempos, por exemplo, por meio de cronometragem ou registro manual durante um período de observação, o que permitiria confirmar ou descartar definitivamente a hipótese.

4.1.4 Síntese da validação

O processo de validação permitiu identificar duas inconsistências relevantes na implementação inicial, ambas com causas, efeitos e correções distintas. A primeira, de natureza paramétrica, decorreu da ausência do parâmetro Capacity nos processadores internos, que impunha ao modelo um gargalo artificial no *Checklist* e subestimava o volume concluído; sua correção restaurou a correspondência entre a capacidade declarada dos processadores e a dotação real de colaboradoras das células.

A segunda, de natureza conceitual, decorreu do uso de *EntityConveyor* em etapas que não representam transporte, acelerando artificialmente a travessia de Vistoria e Jurídico; sua substituição por *EntityDelay* realinhou a semântica dos objetos computacionais à dinâmica real de permanência individual das propostas nas análises externas.

Com as duas correções, o modelo passou a reproduzir integralmente o número de propostas geradas e concluídas e a apresentar estoques e proporções de roteamento praticamente idênticos aos do artigo-base, com diferença máxima de uma entidade. A única divergência consistente permaneceu na utilização da Colaboradora1, para a qual a análise complementar do tempo ativo e passivo ofereceu uma explicação plausível: a contabilização, pelo ERP, de esperas externas como tempo de processamento, mantida como limitação documentada do estudo por ausência de dados que permitissem sua confirmação empírica.

O conjunto dessas evidências indica que o modelo reproduz tanto os resultados quanto a lógica interna do sistema de referência. Diante da elevada correspondência observada nos indicadores de fluxo e roteamento, considerou-se que o modelo está apto a ser utilizado como cenário-base dos experimentos subsequentes, com a ressalva de que os valores absolutos de utilização dos recursos devem ser interpretados à luz da limitação discutida na subseção 4.1.3.

Para evitar ambiguidade na comparação dos experimentos, destaca-se que a Tabela 3 apresenta uma replicação de referência utilizada na validação direta com o artigo-base. Já os valores do cenário-base empregados nas comparações dos Cenários 1, 2 e 3 correspondem às médias de dez replicações independentes. Essa distinção explica as diferenças entre os 1.483 processos concluídos e 16,0% de retrabalho da execução de referência e as médias de 1.485,00 processos concluídos e 14,85% de retrabalho utilizadas nas análises estatísticas subsequentes.

4.2 Cenário 1 – Realocação de recursos

O primeiro cenário experimental foi desenvolvido para avaliar os efeitos da redistribuição das colaboradoras entre as atividades internas do *backoffice*, mantendo inalterada a quantidade total de profissionais disponíveis. A proposta consistiu em transferir uma colaboradora do agrupamento responsável pela Atuação em Grupo para o conjunto de atividades sequenciais, composto pelas etapas de *Checklist*, Entrada *WhatsApp*, Envio de Formulário, Retorno de Formulário e Subida de Documentos.

No cenário-base, o recurso Colaboradora1, associado às atividades sequenciais, possuía capacidade igual a quatro unidades, enquanto o recurso Colaboradoras, associado à Atuação em Grupo, apresentava capacidade igual a oito unidades. A redistribuição foi proposta porque o recurso Colaboradora1 apresentava utilização percentual superior à observada no recurso Colaboradoras.

Entretanto, uma utilização relativa mais elevada não é suficiente, de forma isolada, para caracterizar um recurso como gargalo. Para que o aumento da capacidade produza efeito sobre o desempenho global, é necessário que o recurso esteja efetivamente restringindo o fluxo, o que normalmente se manifesta pela formação de filas, por tempos de espera relevantes ou pela utilização próxima de sua capacidade máxima.

Dessa forma, o Cenário 1 foi estruturado como um experimento de balanceamento da capacidade e como uma análise de sensibilidade da distribuição dos recursos. O objetivo foi verificar se a transferência de uma colaboradora aumentaria o número de propostas concluídas, reduziria as filas internas e os estoques externos ou modificaria a carga efetivamente executada pelos recursos.

4.2.1 Configuração do cenário

No Cenário 1, uma colaboradora foi transferida do recurso Colaboradoras para o recurso Colaboradora1. A quantidade total de 12 colaboradoras do *backoffice* foi preservada, de modo que a alteração representou somente uma redistribuição da força de trabalho existente, sem contratação ou redução do quadro.

A capacidade do recurso Colaboradora1 foi aumentada de quatro para cinco unidades. Para manter a coerência entre a capacidade do recurso e a quantidade máxima de propostas que poderiam ser processadas simultaneamente, também foram ajustadas de quatro para cinco as capacidades dos processadores correspondentes às etapas de *Checklist*, Entrada *WhatsApp*, Envio de Formulário, Retorno de Formulário e Subida de Documentos.

Simultaneamente, a capacidade do recurso Colaboradoras e do processador Atuação em Grupo foi reduzida de oito para sete unidades. A capacidade da Pré-Análise permaneceu igual a uma unidade e não participou da redistribuição.

A probabilidade de retrabalho foi mantida em 15%, uma vez que o objetivo deste cenário foi isolar exclusivamente o efeito da realocação dos recursos. Assim, qualquer diferença observada em relação ao cenário-base poderia ser atribuída à alteração das capacidades, e não a mudanças na qualidade documental ou na lógica probabilística do fluxo.

Tabela 5 – Configuração do cenário-base e do Cenário 1

Parâmetro	Cenário-base	Cenário 1
Capacidade da Pré-Análise	1	1
Capacidade da Colaboradora1	4	5
Capacidade de Colaboradoras	8	7
Total de colaboradoras do <i>backoffice</i>	12	12
Probabilidade de continuidade	85,0%	85,0%
Probabilidade de retrabalho	15,0%	15,0%
Horizonte de simulação	2.376 h	2.376 h
Número de replicações	10	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os demais parâmetros foram mantidos iguais aos do cenário-base. Não foram alterados a taxa de chegada das propostas, os tempos de processamento, as distribuições probabilísticas, a lógica das decisões, os tempos de permanência em Vistoria e Jurídico ou a estrutura do retrabalho.

Foram realizadas dez replicações independentes, cada uma com horizonte de 2.376 horas operacionais. As mesmas sequências aleatórias utilizadas no cenário-base foram mantidas no Cenário 1. Esse procedimento permitiu comparar as duas configurações sob condições estocásticas equivalentes e reduzir a influência da variabilidade aleatória sobre a análise.

Dessa forma, diferenças entre os cenários poderiam ser relacionadas diretamente à redistribuição das capacidades. Caso os resultados permanecessem iguais, isso indicaria que os recursos modificados não estavam restringindo o processamento nas condições analisadas.

4.2.2 Resultados das replicações

A taxa realizada de retrabalho foi calculada pela relação entre a quantidade de retornos ao *Checklist* e o número total de passagens pela primeira decisão:

$$TR = \frac{N_r}{N_d} \times 100 \quad (7)$$

em que TR representa a taxa realizada de retrabalho, N_r representa a quantidade de retornos ao *Checklist* e N_d representa o número total de passagens pela primeira decisão.

Tabela 6 – Resultados das dez replicações do Cenário 1

Rep.	Retrabalhos	Taxa de retrabalho	Concluídos	Estoque em Vistoria	Estoque em Jurídico	Utilização da Colaboradora1	Utilização de Colaboradoras
1	387	15,97%	1.483	173	379	42,66%	1,20%
2	345	14,50%	1.473	160	402	42,99%	1,16%
3	371	15,41%	1.488	163	383	43,16%	1,20%
4	326	13,80%	1.478	161	395	42,42%	1,19%
5	367	15,27%	1.476	162	397	42,84%	1,17%
6	346	14,53%	1.487	162	386	42,92%	1,22%
7	364	15,17%	1.501	172	362	42,83%	1,23%
8	343	14,42%	1.488	159	388	43,19%	1,17%
9	322	13,66%	1.492	160	384	41,77%	1,20%
10	382	15,80%	1.484	162	389	43,54%	1,19%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Em todas as replicações foram geradas 2.037 propostas. O número de processos concluídos variou entre 1.473 e 1.501, enquanto a taxa realizada de retrabalho permaneceu entre 13,66% e 15,97%. A proximidade entre os resultados individuais indica estabilidade diante da alteração das sequências aleatórias.

Tabela 7 – Estatísticas consolidadas do Cenário 1

Indicador	Média	Desvio-padrão	CV	Intervalo de confiança de 95%
Processos concluídos	1.485,00	8,21	0,55%	1.479,13–1.490,87
Quantidade de retrabalhos	355,30	22,33	6,29%	339,33–371,27
Taxa de retrabalho	14,85%	0,79 p.p.	5,35%	14,28%–15,42%
Estoque em Vistoria	163,40	4,95	3,03%	159,86–166,94
Estoque em Jurídico	386,50	11,09	2,87%	378,57–394,43
Unidades médias em uso da Colaboradora1	2,142	0,024	1,13%	2,124–2,159
Utilização da Colaboradora1	42,83%	0,48 p.p.	1,13%	42,49%–43,18%
Unidades médias em uso de Colaboradoras	0,083	0,002	1,92%	0,082–0,085
Utilização de Colaboradoras	1,19%	0,02 p.p.	1,92%	1,18%–1,21%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A média de processos concluídos foi de 1.485 propostas, com desvio-padrão de 8,21 e coeficiente de variação de 0,55%. A baixa dispersão demonstra que o volume concluído permaneceu estável entre as dez replicações, não apresentando oscilações relevantes provocadas pelas diferentes sequências aleatórias.

A taxa média realizada de retrabalho foi de 14,85%, valor próximo à probabilidade de 15% configurada no modelo. Esse resultado era esperado, pois a realocação dos recursos não modificou a lógica probabilística de retorno ao *Checklist*. Assim, as pequenas diferenças entre as replicações decorreram apenas do comportamento estocástico do modelo.

As filas das atividades internas, incluindo o *Checklist* e a Atuação em Grupo, permaneceram iguais a zero nas dez replicações. Esse resultado é especialmente relevante para a interpretação do cenário, pois demonstra que nenhuma das capacidades modificadas estava limitando o avanço das propostas.

A inexistência de filas indica que as propostas encontravam capacidade disponível quando chegavam às etapas internas. Portanto, o aumento de quatro para cinco unidades nas atividades sequenciais não eliminou espera ou represamento, enquanto a redução de oito para sete unidades na Atuação em Grupo também não criou uma restrição.

4.2.3 Comparação com o cenário-base

A Tabela 8 apresenta a comparação entre as médias das dez replicações do cenário-base e do Cenário 1.

Tabela 8 – Comparação entre o cenário-base e o Cenário 1

Indicador	Cenário-base	Cenário 1	Variação
Processos concluídos	1.485,00	1.485,00	0,00
Quantidade de retrabalhos	355,30	355,30	0,00
Taxa de retrabalho	14,85%	14,85%	0,00 p.p.
Estoque em Vistoria	163,40	163,40	0,00
Estoque em Jurídico	386,50	386,50	0,00
Unidades médias em uso da Colaboradora1	2,142	2,142	0,00
Utilização da Colaboradora1	53,54%	42,83%	-10,71 p.p.
Unidades médias em uso de Colaboradoras	0,083	0,083	0,00
Utilização de Colaboradoras	1,04%	1,19%	+0,15 p.p.
Capacidade da Colaboradora1	4	5	+1
Capacidade de Colaboradoras	8	7	-1

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados do Cenário 1 foram idênticos aos do cenário-base em todos os indicadores relacionados ao fluxo das propostas. A igualdade ocorreu não apenas nas médias consolidadas, mas também replicação por replicação. Foram observados os mesmos valores de processos concluídos, retrabalhos, estoques externos e unidades médias em uso nas duas configurações.

Essa correspondência foi verificada nos arquivos de configuração e nos relatórios gerados separadamente pelo JaamSim. O cenário-base utilizou capacidades de quatro unidades no recurso Colaboradora1 e oito unidades no recurso Colaboradoras, enquanto o Cenário 1 utilizou cinco e sete unidades, respectivamente.

Como as mesmas sequências aleatórias foram utilizadas e nenhuma das capacidades alteradas limitou o fluxo, os instantes de entrada, início de processamento e saída das propostas permaneceram iguais. Consequentemente, cada entidade percorreu a mesma trajetória temporal nos dois cenários.

A identidade dos resultados demonstra que a capacidade realocada não estava sendo exigida pelo sistema. No cenário-base, as atividades sequenciais já possuíam capacidade suficiente para atender à demanda sem formação relevante de filas. Portanto, a quinta colaboradora adicionada não recebeu carga adicional capaz de modificar o desempenho do processo.

Da mesma forma, a redução da capacidade da Atuação em Grupo de oito para sete unidades não alterou o fluxo, pois a capacidade remanescente continuou superior à carga explicitamente representada nessa etapa. Assim, os resultados iguais não indicam reutilização do mesmo relatório, mas confirmam que a redistribuição ocorreu entre dois recursos que não atuavam como restrições no horizonte analisado.

4.2.4 Interpretação da utilização dos recursos

Embora os indicadores de fluxo tenham permanecido iguais, os percentuais de utilização dos recursos foram modificados. Essa diferença não deve ser interpretada automaticamente como ganho ou perda de desempenho, pois a utilização corresponde à relação entre a quantidade média de unidades efetivamente em uso e a capacidade nominal disponível.

$$U = \frac{\text{UnitsInUseAverage}}{\text{Capacity}} \times 100 \quad (8)$$

No cenário-base, a média de unidades da Colaboradora1 efetivamente em uso foi de aproximadamente 2,142, diante de uma capacidade igual a quatro:

$$U_0 = \frac{2,142}{4} \times 100 \approx 53,54\% \quad (9)$$

No Cenário 1, a quantidade média efetivamente em uso permaneceu igual a 2,142, mas a capacidade foi aumentada para cinco:

$$U_1 = \frac{2,142}{5} \times 100 \approx 42,83\% \quad (10)$$

Portanto, a redução da utilização de 53,54% para 42,83% não representa diminuição do volume de trabalho executado. A quantidade média efetivamente em uso permaneceu igual a 2,142 unidades, e a alteração ocorreu exclusivamente porque essa mesma ocupação passou a ser dividida por uma capacidade maior.

No cenário-base, o recurso já apresentava capacidade média disponível, pois utilizava aproximadamente 2,142 unidades diante de uma capacidade total igual a quatro. Assim, o aumento para cinco unidades ampliou a folga existente, mas não alterou a quantidade de trabalho recebida pelo recurso.

Esse resultado demonstra que a redução percentual da utilização não correspondeu a uma melhoria da produtividade. O recurso realizou o mesmo trabalho, nos mesmos instantes e com os mesmos resultados, mas passou a apresentar uma capacidade nominal superior.

No recurso Colaboradoras, a média efetivamente em uso permaneceu em aproximadamente 0,083 unidade. No cenário-base, com capacidade igual a oito, a utilização foi:

$$U_0 = \frac{0,083}{8} \times 100 \approx 1,04\% \quad (11)$$

No Cenário 1, com capacidade igual a sete, obteve-se:

$$U_1 = \frac{0,083}{7} \times 100 \approx 1,19\% \quad (12)$$

O aumento da utilização de Colaboradoras de 1,04% para 1,19% também não representa crescimento da carga de trabalho. A quantidade média de unidades ocupadas permaneceu igual,

e o aumento percentual ocorreu apenas porque a capacidade nominal foi reduzida de oito para sete unidades.

Portanto, a realocação modificou os percentuais de utilização sem modificar o trabalho efetivamente executado. Esse comportamento evidencia que a utilização deve ser analisada conjuntamente com a capacidade nominal, a quantidade média de unidades em uso, a formação de filas e os resultados do fluxo.

A análise isolada dos percentuais poderia levar à interpretação equivocada de que houve redução de carga nas atividades sequenciais e aumento de carga na Atuação em Grupo. Entretanto, os valores absolutos demonstram que nenhuma dessas mudanças ocorreu.

4.2.5 Discussão dos impactos para a empresa

Os resultados demonstraram que a realocação de uma colaboradora não produziu benefício operacional mensurável nas condições atuais de demanda. A transferência não aumentou o número de processos concluídos, não reduziu a quantidade de retrabalhos, não diminuiu os estoques em Vistoria e Jurídico e não modificou a quantidade média de unidades efetivamente em uso.

A ausência de ganho ocorreu porque as atividades sequenciais já apresentavam capacidade suficiente no cenário-base. O recurso Colaboradora1 possuía capacidade igual a quatro, mas utilizava, em média, aproximadamente 2,142 unidades. Além disso, as filas internas permaneceram nulas, demonstrando que as propostas não aguardavam de forma relevante pela disponibilidade desse recurso.

Dessa forma, o aumento da capacidade de quatro para cinco colaboradoras não removeu uma restrição do sistema. Como não havia demanda represada, a quinta unidade adicionada permaneceu como capacidade disponível sem produzir aumento no processamento.

Esse comportamento é consistente com a Teoria das Restrições, segundo a qual o desempenho global de um sistema é determinado pela etapa que efetivamente limita o fluxo. O aumento de capacidade em um recurso não restritivo pode ampliar sua folga operacional, mas não aumenta o *throughput*, pois a saída permanece condicionada pelas demais etapas do sistema (GOLDRATT; COX, 2012).

No Cenário 1, a utilização mais elevada da Colaboradora1 em relação ao recurso Colaboradoras não significava que esse agrupamento constituía um gargalo. A inexistência de filas

e a presença de capacidade disponível demonstraram que a maior utilização representava apenas uma diferença relativa entre a carga recebida e a capacidade nominal.

O resultado confirma que a identificação de gargalos em processos administrativos não deve ser baseada somente nos percentuais de utilização. A análise deve considerar conjuntamente a utilização, a quantidade efetivamente ocupada, a formação de filas, o tempo de espera e o impacto da etapa sobre o desempenho global.

A redução da capacidade da Atuação em Grupo de oito para sete colaboradoras também não criou filas ou modificou os resultados do modelo. Entretanto, esse comportamento deve ser interpretado com cautela, pois a baixa utilização simulada corresponde somente às atividades explicitamente representadas no fluxo computacional.

Na operação real, essas profissionais também podem realizar acompanhamento das propostas, atualizações aos clientes, esclarecimento de dúvidas, contatos com instituições financeiras e outras atividades que não foram integralmente incorporadas ao modelo. Portanto, a baixa utilização apresentada pelo JaamSim não comprova ociosidade e não demonstra, isoladamente, que uma colaboradora possa ser retirada da Atuação em Grupo sem consequências operacionais.

A redistribuição também dependeria da possibilidade de capacitação multifuncional. Uma colaboradora transferida precisaria possuir treinamento e conhecimento suficientes para atuar nas diferentes atividades sequenciais. Essa mudança poderia exigir período de adaptação, treinamento e acompanhamento da qualidade das atividades executadas.

Além disso, os processos concluídos permaneceram condicionados pelos parâmetros das demais etapas, principalmente pelos tempos de permanência em Vistoria e Jurídico. Como essas etapas não foram modificadas, a capacidade adicional nas atividades internas não acelerou a conclusão das propostas que já haviam avançado para as análises externas.

Do ponto de vista gerencial, os resultados não justificam a implementação imediata da configuração de cinco colaboradoras nas atividades sequenciais e sete na Atuação em Grupo. A realocação aumentou a capacidade nominal do recurso Colaboradora1, mas não produziu aumento de produtividade, redução de filas ou diminuição da carga absoluta de trabalho.

Assim, recomenda-se manter a distribuição atual de quatro colaboradoras nas atividades sequenciais e oito na Atuação em Grupo enquanto não houver crescimento da demanda, formação de filas ou aumento relevante dos tempos de espera internos.

Uma eventual realocação deveria ser precedida pelo levantamento completo das atividades realizadas pela equipe de Atuação em Grupo, pela avaliação das competências

necessárias, pela análise da cobertura de férias e ausências e por um teste-piloto acompanhado por indicadores operacionais e de qualidade.

Também seria pertinente testar essa redistribuição em cenários com aumento do volume de propostas. Nessas condições, a capacidade adicional nas atividades sequenciais poderia se tornar relevante, embora não tenha apresentado efeito na demanda atual.

4.2.6 Síntese do Cenário 1

O Cenário 1 avaliou a realocação de uma colaboradora da Atuação em Grupo para as atividades sequenciais, alterando a distribuição dos recursos de quatro e oito para cinco e sete unidades, respectivamente. A quantidade total de 12 colaboradoras do *backoffice* foi mantida, assim como a probabilidade de retrabalho de 15% e os demais parâmetros do cenário-base.

Nas dez replicações, a média de processos concluídos foi de 1.485 propostas, a taxa média de retrabalho foi de 14,85%, o estoque médio em Vistoria foi de 163,40 propostas e o estoque médio em Jurídico foi de 386,50 propostas. Esses valores foram idênticos aos resultados consolidados do cenário-base.

A utilização percentual da Colaboradora1 foi reduzida de 53,54% para 42,83%. Entretanto, a quantidade média efetivamente em uso permaneceu igual a 2,142 unidades. A redução percentual ocorreu somente porque o mesmo volume de trabalho passou a ser dividido por uma capacidade maior.

De modo semelhante, a utilização de Colaboradoras aumentou de 1,04% para 1,19% em razão da redução da capacidade nominal de oito para sete unidades. A quantidade média efetivamente ocupada permaneceu próxima de 0,083 unidade, demonstrando que também não ocorreu aumento real da carga de trabalho nessa etapa.

Os resultados demonstraram que a realocação não produziu ganho operacional no horizonte analisado. As atividades sequenciais já apresentavam capacidade suficiente e ausência de filas, fazendo com que o acréscimo de uma quinta colaboradora não removesse uma restrição e não alterasse o *throughput*.

Esse comportamento é coerente com a Teoria das Restrições, pois melhorias de capacidade aplicadas a recursos não restritivos não aumentam o desempenho global. A diferença entre os percentuais de utilização dos recursos não caracterizava, por si só, a existência de um gargalo.

Conclui-se, portanto, que a configuração de cinco colaboradoras nas atividades sequenciais e sete na Atuação em Grupo não deve ser recomendada para implementação imediata nas condições atuais. A distribuição original deve ser mantida até que o aumento da demanda ou a formação de filas indique a necessidade de uma nova avaliação.

O cenário demonstrou ainda que decisões de redistribuição da equipe não devem ser baseadas somente nos percentuais de utilização. É necessário considerar a capacidade nominal, a quantidade efetivamente ocupada, as filas, os tempos de espera, as atividades não representadas no modelo e o impacto da alteração sobre o desempenho global do processo.

4.3 Cenário 2 – Redução da taxa de retrabalho

Após a análise da realocação de recursos, o segundo cenário experimental foi desenvolvido para avaliar os efeitos da redução do retrabalho documental. No modelo, o retrabalho ocorre quando uma proposta apresenta pendências na primeira decisão e retorna à etapa de *Checklist*, repetindo parte das atividades internas antes de prosseguir no fluxo.

Na operação real, essas pendências podem estar relacionadas ao envio de documentos incompletos, ao preenchimento incorreto de informações, a falhas na conferência inicial ou à necessidade de solicitar novos documentos ao cliente. Cada retorno representa consumo adicional de tempo das colaboradoras, repetição de atividades já realizadas e aumento do número de passagens da proposta pelas etapas sequenciais.

A redução dessas ocorrências pode ser obtida por meio de iniciativas como treinamento das colaboradoras, padronização dos procedimentos, revisão dos formulários, melhoria das orientações fornecidas aos clientes e implantação de listas de verificação antes do avanço das propostas. Essas medidas estão associadas à prevenção de falhas e à melhoria da qualidade na origem do processo.

De acordo com Slack *et al.* (2018), a melhoria da qualidade reduz a ocorrência de erros e atividades repetidas, permitindo que os recursos sejam direcionados a tarefas que efetivamente contribuem para o resultado do processo. Dessa forma, o Cenário 2 foi estruturado para verificar se a diminuição das pendências reduziria a carga das atividades internas e se essa capacidade liberada produziria aumento no número de propostas concluídas, redução das filas ou alteração dos estoques em Vistoria e Jurídico.

4.3.1 Configuração do cenário

No cenário-base, a primeira decisão probabilística do fluxo estava configurada com probabilidade de 15% de retorno ao *Checklist* e 85% de continuidade para as etapas seguintes. Para o Cenário 2, foi adotada uma redução relativa de 50% na probabilidade de retrabalho, representando uma condição experimental de melhoria da qualidade documental.

Essa redução não deve ser interpretada como uma meta operacional já comprovada pela empresa, mas como uma hipótese de simulação utilizada para mensurar o comportamento do sistema diante de uma diminuição relevante das pendências. Sua viabilidade prática dependeria da capacidade das iniciativas de treinamento, padronização e conferência prévia de reduzirem efetivamente os retornos observados na operação.

A nova probabilidade foi calculada pela expressão:

$$p_2 = p_b(1 - r) \quad (13)$$

em que p_2 representa a probabilidade de retrabalho no Cenário 2, p_b representa a probabilidade de retrabalho no cenário-base e r representa a redução relativa aplicada.

Considerando a probabilidade-base de 15% e uma redução relativa de 50%, obteve-se:

$$p_2 = 0,15(1 - 0,50) = 0,075 \quad (14)$$

Portanto, a probabilidade de retorno ao *Checklist* foi reduzida de 15% para 7,5%, enquanto a probabilidade de continuidade no processo passou de 85% para 92,5%.

No arquivo de configuração do JaamSim, a alteração foi aplicada exclusivamente à distribuição TaxaPendencia1, responsável pela primeira decisão probabilística do fluxo. Essa decisão determina se a proposta avança para as etapas seguintes ou retorna ao *Checklist* para novo processamento.

A segunda decisão probabilística, responsável pelo encaminhamento das propostas para Atuação em Grupo ou diretamente para Vistoria, permaneceu inalterada. Dessa forma, o experimento modificou somente a frequência das pendências documentais, preservando a estrutura de roteamento das demais etapas.

A aplicação isolada da alteração foi necessária para identificar se eventuais diferenças nos resultados decorreriam efetivamente da redução do retrabalho, e não de mudanças simultâneas na capacidade dos recursos, nos tempos de processamento ou nas etapas externas.

Tabela 9 – Configuração do cenário-base e do Cenário 2

Parâmetro	Cenário-base	Cenário 2
Probabilidade de continuidade após o <i>Checklist</i>	85,0%	92,5%
Probabilidade configurada de retrabalho	15,0%	7,5%
Redução relativa do retrabalho	—	50,0%
Capacidade da Colaboradora1	4	4
Capacidade de Colaboradoras	8	8
Capacidade da Pré-Análise	1	1
Horizonte de simulação	2.376 h	2.376 h
Número de replicações	10	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Todos os demais parâmetros foram mantidos iguais aos do cenário-base. Não foram alterados a taxa de chegada das propostas, os tempos de processamento, as distribuições probabilísticas das atividades, a capacidade dos recursos, o roteamento da segunda decisão ou os tempos de permanência nas etapas de Vistoria e Jurídico.

A capacidade da Colaboradora1 permaneceu igual a quatro unidades, enquanto a capacidade do recurso Colaboradoras permaneceu igual a oito. Dessa forma, qualquer alteração na utilização dos recursos estaria relacionada à redução do número de atividades repetidas, e não a uma mudança no denominador utilizado para calcular a utilização.

Foram realizadas dez replicações independentes, utilizando o mesmo horizonte anual de 2.376 horas e o mesmo procedimento de geração dos subfluxos aleatórios empregado no cenário-base. A manutenção das mesmas condições experimentais permitiu comparar os cenários de maneira controlada.

Esse procedimento foi particularmente importante porque a redução do retrabalho poderia alterar o número de vezes que cada proposta passava pelas atividades sequenciais. Assim, a comparação permitiu identificar se a diminuição dos retornos produziu redução efetiva da carga interna e se essa mudança afetou o desempenho global do sistema.

4.3.2 Resultados das replicações

A taxa de retrabalho realizada em cada replicação foi calculada pela relação entre a quantidade de retornos ao *Checklist* e o número total de passagens pela primeira decisão:

$$TR = \frac{N_r}{N_d} \times 100 \quad (15)$$

em que TR representa a taxa realizada de retrabalho, N_r representa a quantidade de retornos ao *Checklist* e N_d representa o número total de passagens pela primeira decisão.

Tabela 10 – Resultados das dez replicações do Cenário 2

Rep.	Retrabalhos	Taxa realizada	Concluídos	Estoque em Vistoria	Estoque em Jurídico	Utilização da Colaboradora1
1	159	7,25%	1.484	173	378	50,06%
2	170	7,70%	1.473	160	402	51,13%
3	172	7,79%	1.488	163	383	51,10%
4	150	6,86%	1.478	164	393	50,47%
5	168	7,62%	1.475	161	398	50,73%
6	177	7,99%	1.487	163	386	51,26%
7	173	7,83%	1.499	172	364	50,88%
8	148	6,78%	1.488	157	389	51,14%
9	164	7,45%	1.492	160	383	49,86%
10	182	8,20%	1.484	162	390	51,57%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Tabela 11 – Estatísticas consolidadas do Cenário 2

Indicador	Média	Desvio-padrão	CV	IC de 95%
Processos concluídos	1.484,80	7,90	0,53%	1.479,15–1.490,45
Quantidade de retrabalhos	166,30	11,13	6,69%	158,34–174,26
Taxa realizada de retrabalho	7,55%	0,47 p.p.	6,18%	7,21%–7,88%
Estoque em Vistoria	163,50	5,15	3,15%	159,82–167,18
Estoque em Jurídico	386,60	10,73	2,78%	378,92–394,28
Utilização da Colaboradora1	50,82%	0,54 p.p.	1,07%	50,43%–51,21%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A taxa média realizada de retrabalho foi de 7,55%, valor muito próximo à probabilidade de 7,5% configurada no modelo. O intervalo de confiança de 95% permaneceu entre 7,21% e 7,88%, demonstrando que a decisão probabilística apresentou comportamento estável nas dez replicações.

A proximidade entre a taxa configurada e a taxa efetivamente realizada confirma que a alteração da distribuição TaxaPendencial foi implementada corretamente. As diferenças observadas entre as replicações decorreram da natureza estocástica do modelo e permaneceram dentro de uma faixa reduzida.

A quantidade média de retornos ao *Checklist* foi de 166,30 ocorrências. No cenário-base, foram registrados, em média, 355,30 retornos. Assim, o Cenário 2 evitou aproximadamente 189 ocorrências de retrabalho no horizonte anual simulado.

A redução da quantidade de retornos foi ligeiramente superior à redução proporcional da probabilidade configurada. Esse comportamento ocorre porque cada retrabalho pode gerar uma nova passagem pela primeira decisão e, conseqüentemente, uma nova possibilidade de retorno. Ao reduzir a probabilidade de pendência, o modelo diminui não apenas os primeiros retornos, mas também as passagens adicionais geradas pelos próprios retrabalhos.

O resultado demonstra que a intervenção modificou efetivamente a carga interna do processo. Menos propostas retornaram ao *Checklist* e, conseqüentemente, menos atividades sequenciais precisaram ser executadas novamente.

4.3.3 Comparação com o cenário-base

Tabela 12 – Comparação entre o cenário-base e o Cenário 2

Indicador	Cenário-base	Cenário 2	Variação
Processos gerados	2.037,00	2.037,00	0
Quantidade de retrabalhos	355,30	166,30	-189,00
Taxa realizada de retrabalho	14,85%	7,55%	-7,30 p.p.
Processos concluídos	1.485,00	1.484,80	-0,20
Utilização da Colaboradora1	53,54%	50,82%	-2,72 p.p.
Fila média do <i>Checklist</i>	0,000411	0,000124	-69,85%
Espera média no <i>Checklist</i>	1,47 s	0,48 s	-0,99 s
Maior fila observada no <i>Checklist</i>	2	1	-1
Estoque em Vistoria	163,40	163,50	+0,10
Estoque em Jurídico	386,50	386,60	+0,10

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A taxa média realizada de retrabalho foi reduzida de 14,85% para 7,55%, correspondendo a uma diminuição de 7,30 pontos percentuais. Em termos relativos, a taxa apresentou redução próxima aos 50% definidos na configuração do cenário.

A quantidade média de retornos ao *Checklist* caiu de 355,30 para 166,30 ocorrências, representando aproximadamente 189 atividades de retrabalho evitadas no horizonte anual. Essa redução demonstra que a melhoria da qualidade documental diminuiu de forma efetiva o número de passagens repetidas pelas etapas internas.

A utilização média da Colaboradora1 foi reduzida de 53,54% para 50,82%, uma diminuição de 2,72 pontos percentuais. Diferentemente do observado no Cenário 1, essa queda não decorreu de alteração na capacidade nominal do recurso, que permaneceu igual a quatro unidades.

A redução ocorreu porque a quantidade média de trabalho executada pelas colaboradoras diminuiu. Com menos retornos ao *Checklist*, foram necessárias menos repetições das atividades de conferência, contato via *WhatsApp*, envio e retorno de formulários e subida de documentos.

Portanto, a redução da utilização representa, neste cenário, uma liberação efetiva de capacidade interna. A Colaboradora 1 passou a consumir menos horas para processar praticamente o mesmo volume de propostas que avançou pelo sistema.

Essa capacidade liberada pode ser estimada considerando a diferença entre as utilizações do cenário-base e do Cenário 2, a capacidade total do recurso e o horizonte de simulação.

Em termos do modelo, a redução de utilização corresponde a uma estimativa de horas-recurso liberadas durante o horizonte anual, calculada por:

$$H_l = \frac{U_b - U_2}{100} \times C \times H \quad (16)$$

$$H_l = \frac{53,54 - 50,82}{100} \times 4 \times 2.376 \approx 259 \text{ h} \quad (17)$$

Onde H_l representa a quantidade estimada de horas-recurso liberadas, U_b representa a utilização no cenário-base, U_2 representa a utilização no Cenário 2, C representa a capacidade do recurso, igual a quatro colaboradoras, e H representa o horizonte de simulação, igual a 2.376 horas.

O resultado de aproximadamente 259 horas-recurso representa uma estimativa da capacidade interna que deixou de ser consumida por atividades repetidas ao longo do horizonte anual. Esse valor não corresponde diretamente a uma redução de 259 horas na jornada contratada das colaboradoras, mas a uma quantidade de capacidade que passou a estar disponível para outras tarefas.

Essa disponibilidade poderia ser direcionada ao acompanhamento de propostas, ao atendimento de clientes, à resolução de casos complexos, à cobertura de ausências ou à absorção de aumentos futuros da demanda. A conversão desse resultado em economia financeira exigiria informações adicionais, como o custo da hora de trabalho, os custos das iniciativas de melhoria e a possibilidade de utilizar produtivamente a capacidade liberada.

A fila média do *Checklist* apresentou redução próxima de 70%. Entretanto, essa variação percentual deve ser interpretada em conjunto com os valores absolutos. No cenário-base, a espera média era de aproximadamente 1,47 segundo, enquanto no Cenário 2 foi de aproximadamente 0,48 segundo.

Assim, embora a redução percentual da fila seja elevada, sua relevância operacional imediata é limitada, pois os dois cenários já apresentavam espera praticamente nula. A maior

fila observada também foi reduzida de duas para uma proposta, confirmando que o *Checklist* não constituía um gargalo relevante antes da intervenção.

A média de processos concluídos permaneceu praticamente constante, passando de 1.485,00 para 1.484,80 propostas. A diferença de 0,20 proposta é operacionalmente desprezível e está dentro da variabilidade estocástica observada entre as replicações.

Os estoques médios em Vistoria e Jurídico também permaneceram praticamente inalterados. Isso ocorreu porque as distribuições dos tempos de permanência nessas etapas externas não foram modificadas no Cenário 2.

Como Vistoria e Jurídico são representados por objetos do tipo *EntityDelay*, as propostas registradas nessas etapas correspondem a processos que ainda estavam cumprindo seus tempos individuais de permanência no encerramento da simulação. A redução das pendências internas não altera diretamente esses tempos externos.

Portanto, o Cenário 2 produziu redução efetiva do esforço interno, mas não aumento do número de propostas concluídas. Esse comportamento indica que o retrabalho consumia capacidade das colaboradoras, porém não constituía a principal restrição responsável por limitar o *throughput* do sistema nas condições atuais.

4.3.4 Discussão dos efeitos para a empresa

Os resultados demonstraram que a redução do retrabalho produziu benefício operacional mensurável para a empresa. A diminuição das pendências reduziu o número de retornos ao *Checklist*, evitou a repetição de atividades internas e liberou parte da capacidade das colaboradoras responsáveis pelas etapas sequenciais.

Esse comportamento é consistente com os princípios de gestão da qualidade apresentados por Slack *et al.* (2018). A prevenção de falhas reduz a necessidade de correção e reprocesamento, evitando o consumo de recursos em atividades que não acrescentam valor ao resultado final. No processo analisado, cada pendência evitada representa uma nova conferência, uma nova interação com o cliente e outras atividades internas que deixam de ser repetidas.

A redução de aproximadamente 189 retornos e a liberação estimada de 259 horas-recurso demonstram que a melhoria da qualidade documental pode tornar o processo mais eficiente mesmo sem alterar a estrutura da equipe. Praticamente o mesmo volume de propostas foi processado com menor necessidade de ocupação da Colaboradora1.

Entretanto, a redução do esforço interno não produziu crescimento do número de processos concluídos. Esse resultado não significa que a intervenção tenha sido ineficaz, mas indica que o retrabalho não era a principal restrição do fluxo nas condições atuais.

As atividades internas já apresentavam filas e tempos de espera praticamente nulos no cenário-base. Assim, a redução das passagens repetidas ampliou a capacidade disponível, mas não eliminou uma restrição que estivesse impedindo o avanço das propostas.

Esse comportamento também é coerente com a Teoria das Restrições. Segundo Goldratt e Cox (2012), uma melhoria produz aumento do desempenho global quando atua sobre a etapa que limita o sistema. Quando a intervenção ocorre em uma etapa com capacidade disponível, seu principal efeito pode ser a criação de folga operacional, sem aumento imediato do *throughput*.

No modelo analisado, os processos concluídos permaneceram influenciados pelos tempos de permanência nas etapas externas de Vistoria e Jurídico. Como esses parâmetros não foram modificados, a redução das pendências internas não acelerou o término das propostas que já estavam em análise externa.

A permanência dos estoques em Vistoria e Jurídico em níveis semelhantes confirma essa interpretação. A redução do retrabalho melhorou o funcionamento das etapas internas, mas não alterou as durações que concentram parcela relevante das propostas ainda abertas no encerramento da simulação.

Do ponto de vista gerencial, a redução das pendências continua sendo uma estratégia recomendável. A capacidade liberada pode ser utilizada para absorver períodos de pico, cobrir férias e ausências, aumentar o acompanhamento dos clientes ou permitir crescimento da demanda sem necessidade imediata de novas contratações.

A melhoria também pode reduzir contatos adicionais com clientes e diminuir o esforço necessário para corrigir documentos ou informações incompletas. Entretanto, esses efeitos sobre experiência do cliente, custos e conversão de propostas não foram mensurados diretamente pelo modelo e não devem ser apresentados como resultados comprovados.

A probabilidade de 7,5% representa uma condição experimental. Antes de utilizar esse valor como meta, a empresa deverá avaliar se as iniciativas propostas são capazes de reduzir as pendências pela metade. Essa avaliação pode ser realizada por meio de um teste-piloto acompanhado pela medição da taxa real de retrabalho antes e depois da intervenção.

Também devem ser considerados os custos de implantação. Medidas de menor complexidade, como revisão das orientações, padronização dos documentos e listas de verificação,

apresentam maior possibilidade de benefício líquido. Intervenções que envolvam novos sistemas, consultorias ou treinamentos extensos exigem uma análise adicional de custo-benefício.

Portanto, os resultados sustentam a priorização de iniciativas de melhoria da qualidade documental, mas não comprovam que qualquer investimento nessa área será economicamente viável. A recomendação depende da comparação entre o custo das ações, a redução efetivamente alcançada e a utilização da capacidade liberada.

4.3.5 Síntese do Cenário 2

O Cenário 2 avaliou os efeitos da redução da probabilidade de retrabalho documental, alterando a possibilidade de retorno ao *Checklist* de 15% para 7,5%. As capacidades dos recursos, os tempos de processamento, a taxa de chegada, as distribuições probabilísticas e os parâmetros das etapas externas foram mantidos iguais aos do cenário-base.

Nas dez replicações, a taxa média realizada de retrabalho foi de 7,55%, valor próximo à probabilidade configurada. Esse resultado confirmou que a alteração da distribuição Taxa-Pendencia¹ foi implementada corretamente e apresentou comportamento estável.

A quantidade média de retornos ao *Checklist* foi reduzida de 355,30 para 166,30 ocorrências, evitando aproximadamente 189 retrabalhos durante o horizonte anual. A redução foi superior à metade em termos absolutos porque a diminuição da probabilidade também evitou novas passagens geradas pelos próprios retornos.

A utilização da Colaboradora¹ caiu de 53,54% para 50,82%, enquanto sua capacidade permaneceu igual a quatro unidades. Dessa forma, a redução percentual representou diminuição efetiva da carga de trabalho, diferentemente do observado no Cenário 1, em que a alteração da utilização decorreu somente da mudança da capacidade nominal.

A diferença de utilização correspondeu à liberação estimada de aproximadamente 259 horas-recurso. Essa capacidade pode ser direcionada para outras atividades, para cobertura de períodos de maior demanda ou para absorção de crescimento futuro sem ampliação imediata da equipe.

Por outro lado, a média de processos concluídos permaneceu praticamente inalterada, assim como os estoques em Vistoria e Jurídico. As filas internas também já eram praticamente nulas no cenário-base. Esses resultados demonstram que o retrabalho consumia capacidade, mas não representava a principal restrição do fluxo nas condições analisadas.

O comportamento observado é coerente tanto com a gestão da qualidade quanto com a Teoria das Restrições. A redução das falhas diminuiu atividades repetidas e liberou recursos, conforme discutido por Slack *et al.* (2018), mas não aumentou o *throughput* porque a intervenção não eliminou a principal limitação do sistema.

Conclui-se que a redução do retrabalho é operacionalmente benéfica e deve ser priorizada em relação à realocação de recursos. Seu principal efeito imediato é o aumento da eficiência interna, e não o crescimento do número de propostas concluídas.

A empresa pode avaliar iniciativas de treinamento, padronização, revisão das orientações e implantação de listas de verificação. Entretanto, a redução para 7,5% deve ser tratada como uma condição experimental, cuja viabilidade precisa ser confirmada por meio de teste-piloto e acompanhamento da taxa real de pendências.

Como a intervenção reduziu a carga interna sem alterar o volume concluído, o Cenário 2 também fornece uma referência para o Cenário 3, no qual a redução do retrabalho é combinada com a realocação dos recursos para verificar a existência de benefício adicional ou efeito de interação.

4.4 Cenário 3 – Realocação de recursos e redução de retrabalho

O terceiro cenário experimental foi desenvolvido para avaliar a aplicação simultânea das duas estratégias analisadas separadamente nos cenários anteriores: a realocação de recursos humanos e a redução da taxa de retrabalho documental.

A realocação modifica a distribuição da capacidade disponível entre as atividades internas do *backoffice*, enquanto a redução do retrabalho diminui a frequência de retornos à etapa de *Checklist*. A combinação dessas alterações permite verificar se a aplicação conjunta das estratégias produz benefício adicional em relação aos efeitos observados individualmente.

Os resultados do Cenário 1 demonstraram que a realocação de uma colaboradora não modificou os indicadores de fluxo, pois as atividades afetadas já possuíam capacidade disponível e não apresentavam filas. Por outro lado, o Cenário 2 reduziu o número de retrabalhos e a carga das atividades sequenciais, embora não tenha aumentado o número de propostas concluídas.

Diante desses resultados, o Cenário 3 foi estruturado para verificar se a redução do retrabalho poderia modificar as condições de utilização dos recursos e tornar a realocação mais

relevante. Também se buscou identificar se a combinação das estratégias produziria efeito sinérgico, isto é, um resultado superior à soma dos efeitos observados nos cenários isolados.

A utilização das mesmas sementes aleatórias, do mesmo horizonte de simulação e dos mesmos parâmetros de entrada permitiu comparar as trajetórias das propostas replicação por replicação. Dessa forma, eventuais diferenças poderiam ser atribuídas à aplicação simultânea das alterações, reduzindo a interferência da variabilidade estocástica na análise.

4.4.1 Configuração do cenário

No cenário-base, as 12 colaboradoras do *backoffice* estavam distribuídas entre dois agrupamentos de recursos. O recurso Colaboradora1, associado às atividades sequenciais, possuía capacidade igual a quatro unidades, enquanto o recurso Colaboradoras, associado à Atuação em Grupo, possuía capacidade igual a oito unidades.

No Cenário 3, uma colaboradora foi transferida da Atuação em Grupo para o conjunto de atividades sequenciais. A quantidade total de profissionais permaneceu igual a 12, de modo que a alteração representou apenas uma redistribuição da força de trabalho existente, sem contratação ou redução do quadro.

A capacidade do recurso Colaboradora1 foi aumentada de quatro para cinco unidades. Para manter a coerência entre os recursos e os processadores, também foram ajustadas de quatro para cinco as capacidades das etapas de *Checklist*, Entrada *WhatsApp*, Envio de Formulário, Retorno de Formulário e Subida de Documentos.

Simultaneamente, a capacidade do recurso Colaboradoras e do processador Atuação em Grupo foi reduzida de oito para sete unidades. A capacidade da Pré-Análise permaneceu igual a uma unidade e não participou da realocação.

Além da realocação, foi mantida a redução relativa de 50% na probabilidade de retrabalho definida no Cenário 2. Assim, o Cenário 3 combinou a redistribuição dos recursos com uma condição de melhoria da qualidade documental.

No cenário-base, a probabilidade de retorno ao *Checklist* era de 15%. A redução aplicada representa uma condição experimental na qual iniciativas de treinamento, padronização, revisão de formulários e conferência prévia diminuiriam pela metade a frequência das pendências documentais.

A nova probabilidade foi calculada pela expressão:

$$p_3 = p_b(1 - r) \quad (18)$$

em que p_3 representa a probabilidade de retrabalho no Cenário 3, p_β representa a probabilidade do cenário-base e r representa a redução relativa aplicada.

Considerando a probabilidade-base de 15% e a redução relativa de 50%, obteve-se:

$$p_3 = 0,15(1 - 0,50) = 0,075 \quad (19)$$

Portanto, a probabilidade de retorno ao *Checklist* foi mantida em 7,5%, enquanto a probabilidade de continuidade no fluxo permaneceu em 92,5%.

A alteração foi aplicada exclusivamente à primeira decisão probabilística, responsável por determinar se a proposta avança no processo ou retorna ao *Checklist*. A segunda decisão, que direciona as propostas para Atuação em Grupo ou diretamente para Vistoria, permaneceu inalterada.

Todos os demais parâmetros também foram preservados, incluindo a taxa de chegada, os tempos de processamento, as distribuições probabilísticas, a capacidade da Pré-Análise, os tempos de permanência em Vistoria e Jurídico e o horizonte de simulação.

Dessa forma, o Cenário 3 modificou somente dois elementos em relação ao cenário-base: a distribuição das capacidades internas e a probabilidade de retrabalho. Essa configuração permitiu avaliar tanto os efeitos individuais quanto a eventual interação entre as estratégias.

Tabela 13 – Configuração do Cenário 3

Parâmetro	Cenário-base	Cenário 2	Cenário 3
Capacidade da Pré-Análise	1	1	1
Capacidade da Colaboradora1	4	4	5
Capacidade de Colaboradoras	8	8	7
Total de colaboradoras do <i>backoffice</i>	12	12	12
Probabilidade de continuidade	85,0%	92,5%	92,5%
Probabilidade de retrabalho	15,0%	7,5%	7,5%
Horizonte de simulação	2.376 h	2.376 h	2.376 h
Número de replicações	10	10	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Foram executadas dez replicações independentes, cada uma com horizonte de 2.376 horas operacionais. Foram utilizados o mesmo procedimento de geração dos subfluxos aleatórios e as mesmas condições experimentais aplicadas aos demais cenários.

A manutenção das mesmas sementes permitiu realizar uma comparação pareada entre os resultados. Assim, foi possível verificar se a combinação das estratégias modificou os instantes de entrada, processamento e saída das propostas ou se os indicadores permaneceram iguais aos obtidos no Cenário 2.

4.4.2 Resultados das replicações

A taxa realizada de retrabalho foi calculada pela razão entre o número de retornos ao *Checklist* e o número total de passagens pela primeira decisão:

$$TR = \frac{N_r}{N_d} \times 100 \quad (20)$$

em que TR representa a taxa realizada de retrabalho, N_r representa o número de retornos ao *Checklist* e N_d representa o total de passagens pela primeira decisão.

Tabela 14 – Resultados das dez replicações do Cenário 3

Rep.	Retrabalhos	Taxa de retrabalho	Concluídos	Estoque em Vistoria	Estoque em Jurídico	Utilização da Colaboradora 1	Utilização de Colaboradoras
1	159	7,25%	1.484	173	378	40,05%	1,20%
2	170	7,70%	1.473	160	402	40,90%	1,16%
3	172	7,79%	1.488	163	383	40,88%	1,20%
4	150	6,86%	1.478	164	393	40,38%	1,19%
5	168	7,62%	1.475	161	398	40,59%	1,17%
6	177	7,99%	1.487	163	386	41,01%	1,22%
7	173	7,83%	1.499	172	364	40,70%	1,23%
8	148	6,78%	1.488	157	389	40,91%	1,17%
9	164	7,45%	1.492	160	383	39,89%	1,20%
10	182	8,20%	1.484	162	390	41,25%	1,19%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Em todas as replicações foram geradas 2.037 propostas. Os processos concluídos variaram entre 1.473 e 1.499, enquanto a taxa realizada de retrabalho permaneceu entre 6,78% e 8,20%. A proximidade entre os resultados individuais indica estabilidade diante da alteração das sequências aleatórias.

Tabela 15 – Estatísticas consolidadas do Cenário 3

Indicador	Média	Desvio-padrão	CV	Intervalo de confiança de 95%
Processos concluídos	1.484,80	7,90	0,53%	1.479,15–1.490,45
Quantidade de retrabalhos	166,30	11,13	6,69%	158,34–174,26
Taxa de retrabalho	7,55%	0,47 p.p.	6,18%	7,21%–7,88%
Estoque em Vistoria	163,50	5,15	3,15%	159,82–167,18
Estoque em Jurídico	386,60	10,73	2,78%	378,92–394,28
Unidades médias em uso da Colaboradora1	2,033	0,022	1,07%	2,017–2,048
Utilização da Colaboradora1	40,66%	0,43 p.p.	1,07%	40,35%–40,97%
Unidades médias em uso de Colaboradoras	0,083	0,002	1,93%	0,082–0,085
Utilização de Colaboradoras	1,19%	0,02 p.p.	1,93%	1,18%–1,21%

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A média de processos concluídos foi de 1.484,80 propostas, com desvio-padrão de 7,90 e coeficiente de variação de 0,53%. A baixa dispersão demonstra que o resultado permaneceu estável nas dez replicações.

A taxa média realizada de retrabalho foi de 7,55%, valor próximo aos 7,50% configurados. Esse resultado confirma que a redução das pendências permaneceu corretamente implementada mesmo após a alteração das capacidades dos recursos.

A quantidade média de retornos ao *Checklist* foi de 166,30 ocorrências, enquanto a média de unidades em uso da Colaboradora1 foi de 2,033. Esses valores foram iguais aos observados no Cenário 2, no qual a probabilidade de retrabalho também era de 7,5%, mas as capacidades permaneciam em quatro e oito unidades.

As filas das atividades internas permaneceram nulas nas dez replicações. Assim, a redução da capacidade da Atuação em Grupo de oito para sete unidades não criou congestionamento, enquanto o aumento da capacidade das atividades sequenciais de quatro para cinco unidades não eliminou nenhuma restrição existente.

A identidade dos resultados entre os Cenários 2 e 3 foi observada tanto nas médias quanto replicação por replicação. Foram registrados os mesmos valores de processos concluídos, retrabalhos, estoques em Vistoria e Jurídico e unidades médias em uso.

Essa correspondência ocorreu porque nenhuma das capacidades modificadas restringia o processamento. Como as filas internas permaneceram nulas, a realocação não alterou os instantes de início ou término das atividades.

Consequentemente, quando submetidas às mesmas sequências aleatórias, as propostas percorreram as mesmas trajetórias temporais nos dois cenários. A diferença observada nos

percentuais de utilização resultou somente da alteração da capacidade nominal dos recursos, e não de uma mudança na quantidade de trabalho efetivamente executada.

4.4.3 Comparação entre os cenários

Tabela 16 – Comparação entre os quatro cenários

Indicador	Cenário-base	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Processos concluídos	1.485,00	1.485,00	1.484,80	1.484,80
Quantidade de retrabalhos	355,30	355,30	166,30	166,30
Taxa de retrabalho	14,85%	14,85%	7,55%	7,55%
Estoque em Vistoria	163,40	163,40	163,50	163,50
Estoque em Jurídico	386,50	386,50	386,60	386,60
Unidades médias em uso da Colaboradora1	2,142	2,142	2,033	2,033
Utilização da Colaboradora1	53,54%	42,83%	50,82%	40,66%
Unidades médias em uso de Colaboradoras	0,083	0,083	0,083	0,083
Utilização de Colaboradoras	1,04%	1,19%	1,04%	1,19%
Capacidade da Colaboradora1	4	5	4	5
Capacidade de Colaboradoras	8	7	8	7

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A comparação entre os quatro cenários evidencia a formação de dois pares de resultados equivalentes. O Cenário 1 apresentou os mesmos indicadores de fluxo do cenário-base, enquanto o Cenário 3 apresentou os mesmos resultados do Cenário 2.

Essa correspondência foi verificada nas dez replicações. A realocação de recursos não modificou processos concluídos, retrabalhos, estoques externos ou unidades médias em uso, tanto quando aplicada isoladamente quanto quando combinada com a redução do retrabalho.

No primeiro par, a igualdade entre o cenário-base e o Cenário 1 demonstra que a alteração de quatro e oito para cinco e sete unidades não afetou o fluxo quando a probabilidade de retrabalho permaneceu em 15%.

No segundo par, a igualdade entre os Cenários 2 e 3 demonstra que a mesma realocação também não produziu efeito quando a probabilidade de retrabalho foi reduzida para 7,5%. Assim, a redução da carga interna não tornou a quinta colaboradora necessária para as atividades sequenciais e também não fez com que a capacidade de sete unidades se tornasse insuficiente na Atuação em Grupo.

A utilização das mesmas sequências aleatórias permitiu identificar essa ausência de efeito com maior precisão. Como não houve filas nos recursos modificados, a alteração das

capacidades não mudou os instantes de processamento das propostas. Por essa razão, as trajetórias simuladas permaneceram idênticas.

A diferença observada nos percentuais de utilização deve ser analisada separadamente, pois decorre da relação entre a quantidade média de unidades em uso e a capacidade nominal do recurso.

$$U = \frac{\text{UnitsInUseAverage}}{\text{Capacity}} \times 100 \quad (21)$$

No Cenário 2, a quantidade média em uso foi de 2,033 colaboradoras diante de uma capacidade igual a quatro:

$$U_2 = \frac{2,033}{4} \times 100 \approx 50,82\% \quad (22)$$

No Cenário 3, a quantidade média em uso permaneceu igual a 2,033, mas a capacidade foi aumentada para cinco:

$$U_3 = \frac{2,033}{5} \times 100 \approx 40,66\% \quad (23)$$

Portanto, a redução da utilização da Colaboradora1 de 50,82% para 40,66% não representa diminuição adicional da carga de trabalho. A quantidade média de unidades efetivamente em uso permaneceu igual a 2,033, e a alteração ocorreu porque essa mesma ocupação passou a ser dividida por uma capacidade maior.

No Cenário 2, as 2,033 unidades médias em uso eram comparadas com uma capacidade igual a quatro. No Cenário 3, o mesmo valor foi comparado com uma capacidade igual a cinco. Assim, a redução percentual indica apenas aumento da folga nominal disponível.

Comportamento equivalente foi observado no recurso Colaboradoras. A quantidade média em uso permaneceu próxima de 0,083 unidade, mas a capacidade nominal foi reduzida de oito para sete. Por isso, o percentual de utilização aumentou de 1,04% para 1,19%, mesmo sem elevação da carga efetiva.

A realocação, portanto, modificou os percentuais de utilização, mas não alterou o trabalho realizado, as filas, os processos concluídos ou os estoques externos. Esses resultados reforçam que a utilização percentual não deve ser interpretada isoladamente como indicador de melhoria ou piora operacional.

Para avaliar adequadamente os recursos, é necessário considerar simultaneamente a capacidade, as unidades médias em uso, a formação de filas, os tempos de espera e o efeito da etapa sobre o desempenho global do sistema.

4.4.4 Análise do efeito combinado

A finalidade do Cenário 3 foi verificar se a aplicação simultânea da realocação de recursos e da redução do retrabalho produziria um benefício adicional em relação aos resultados dos cenários isolados.

Comparado ao cenário-base, o Cenário 3 reduziu a quantidade média de retornos ao *Checklist* de 355,30 para 166,30 ocorrências e diminuiu a taxa realizada de retrabalho de 14,85% para 7,55%. Também reduziu a quantidade média de unidades em uso da Colaboradora 1 de 2,142 para 2,033.

Essas alterações correspondem aos mesmos benefícios observados no Cenário 2. A redução do número de passagens repetidas diminuiu a carga das atividades sequenciais e liberou aproximadamente 259 horas-recurso durante o horizonte anual.

A capacidade liberada foi estimada pela diferença entre as unidades médias em uso, multiplicada pelo horizonte de simulação:

$$H_l = (M_b - M_3) \times H \quad (24)$$

em que H_l representa as horas-recurso liberadas, M_b representa a média de unidades em uso no cenário-base, M_3 representa a média de unidades em uso no Cenário 3 e H representa o horizonte de simulação.

$$\begin{aligned} H_l &= (2,142 - 2,033) \times 2.376 \\ H_l &\approx 259 \text{ horas-recurso} \end{aligned} \quad (25)$$

Entretanto, essa mesma liberação de capacidade já havia sido obtida no Cenário 2. A realocação não acrescentou novas horas disponíveis e não reduziu adicionalmente o esforço necessário para processar as propostas.

A ausência de benefício adicional ocorreu porque as atividades sequenciais não constituíam uma restrição. Mesmo no Cenário 2, com capacidade igual a quatro, a quantidade média efetivamente utilizada foi de aproximadamente 2,033 unidades e as filas permaneceram nulas.

Consequentemente, a quinta colaboradora adicionada no Cenário 3 ampliou apenas a capacidade disponível. Não havia volume represado suficiente para que essa capacidade adicional fosse utilizada.

A redução da capacidade da Atuação em Grupo de oito para sete unidades também não criou filas, pois sete unidades continuaram sendo suficientes para processar a carga explicitamente incorporada ao modelo.

O resultado é consistente com a Teoria das Restrições. Conforme Goldratt e Cox (2012), o aumento de capacidade em uma etapa não restritiva não eleva o desempenho global. A

realocação não eliminou um gargalo e, portanto, não ampliou o *throughput* nem reduziu os estoques do sistema.

Também não foi identificado efeito sinérgico entre as estratégias. A melhoria da qualidade documental reduziu o retrabalho independentemente da realocação, enquanto a redistribuição dos recursos permaneceu sem efeito sobre o fluxo.

Assim, o benefício observado no Cenário 3 decorreu integralmente da redução do retrabalho, já presente no Cenário 2. A combinação das estratégias apenas modificou os percentuais de utilização em razão das novas capacidades nominais.

4.4.5 Impactos para a empresa

Os resultados demonstraram que a combinação das estratégias não gerou benefício adicional em relação à redução isolada do retrabalho. O Cenário 3 apresentou os mesmos processos concluídos, retrabalhos, estoques externos e unidades médias em uso observados no Cenário 2.

A redução das pendências documentais permaneceu benéfica porque evitou atividades repetidas, diminuiu a carga das etapas sequenciais e liberou capacidade das colaboradoras. Esse resultado é coerente com os princípios de gestão da qualidade discutidos por Slack *et al.* (2018), segundo os quais a prevenção de falhas reduz o consumo de recursos em correções e reprocessamentos.

A realocação de uma colaboradora, entretanto, não ampliou esse benefício. A quinta unidade adicionada às atividades sequenciais permaneceu como capacidade disponível, enquanto a redução da Atuação em Grupo de oito para sete unidades não modificou o trabalho realizado.

Dessa forma, a combinação não apresentou efeito sinérgico. Todo o ganho mensurável decorreu da redução do retrabalho, e a mudança na distribuição da equipe apenas alterou os percentuais de utilização.

Do ponto de vista gerencial, o Cenário 3 não deve ser priorizado em relação ao Cenário 2. A aplicação da configuração combinada exigiria transferir uma profissional, desenvolver competências para atuação em novas atividades e reduzir a capacidade nominal da Atuação em Grupo, sem produzir ganho operacional adicional.

A baixa utilização simulada da Atuação em Grupo também deve ser interpretada com cautela. O modelo não incorpora integralmente atividades como acompanhamento das propostas, atualização dos clientes, esclarecimento de dúvidas e contatos com instituições financeiras.

Portanto, os resultados não comprovam que uma profissional possa ser retirada dessa função sem impacto sobre a operação real. Uma decisão desse tipo exigiria o levantamento completo da carga de trabalho, das competências necessárias e das atividades não representadas no modelo.

A empresa deve priorizar iniciativas de redução das pendências documentais, como treinamento, padronização dos procedimentos, revisão dos formulários e adoção de listas de verificação. Essas ações produzem o mesmo benefício observado no cenário combinado sem exigir alteração imediata na estrutura da equipe.

A distribuição atual de quatro colaboradoras nas atividades sequenciais e oito na Atuação em Grupo deve ser mantida enquanto não houver crescimento da demanda, formação de filas internas ou aumento relevante dos tempos de espera.

A realocação poderá ser reavaliada em cenários futuros com maior volume de propostas. Sob níveis superiores de demanda, a capacidade adicional nas atividades sequenciais poderá se tornar necessária, embora não tenha apresentado utilidade nas condições atuais.

4.4.6 Limitações da análise

A análise do Cenário 3 está limitada aos indicadores disponíveis nos relatórios da simulação, incluindo processos concluídos, retrabalhos, filas internas, estoques em Vistoria e Jurídico, unidades médias em uso e utilização dos recursos.

Dessa forma, os resultados representam o desempenho das atividades explicitamente incorporadas ao modelo. Não constituem comprovação direta de redução de custos, aumento da satisfação dos clientes ou melhoria da conversão de propostas em contratos.

A baixa utilização do recurso Colaboradoras deve ser interpretada considerando que parte das atividades da Atuação em Grupo não foi modelada. Assim, o resultado não pode ser utilizado isoladamente para afirmar que existe ociosidade ou que a retirada de uma profissional seria operacionalmente segura.

A análise também considera somente o nível atual de demanda. A ausência de efeito da realocação pode se modificar caso o volume de propostas aumente e as atividades sequenciais passem a apresentar filas ou utilização próxima à capacidade disponível.

As etapas de Vistoria e Jurídico permaneceram inalteradas. Como essas fases concentram parcela relevante das propostas em andamento no encerramento da simulação, a combinação das melhorias internas não modificou diretamente seus tempos de permanência.

Com a execução dos três cenários, tornou-se possível decompor os efeitos isolados e combinados das estratégias. Para qualquer indicador de fluxo, o efeito de interação pode ser expresso pela fórmula a seguir.

$$I = (R_3 - R_0) - [(R_1 - R_0) + (R_2 - R_0)]. \quad (26)$$

Como o Cenário 1 apresentou os mesmos resultados do cenário-base e o Cenário 3 apresentou os mesmos resultados do Cenário 2, o efeito de interação foi igual a zero para os processos concluídos, retrabalhos e estoques externos.

Esse resultado indica que não houve efeito sinérgico nem antagônico entre as estratégias no horizonte analisado. A realocação não ampliou nem reduziu o benefício produzido pela diminuição do retrabalho.

4.4.7 Síntese do Cenário 3

O Cenário 3 combinou a redução da probabilidade de retrabalho de 15% para 7,5% com a realocação de uma colaboradora da Atuação em Grupo para as atividades sequenciais. A distribuição dos recursos foi alterada de quatro e oito para cinco e sete unidades, mantendo-se o total de 12 colaboradoras do *backoffice*.

Nas dez replicações, a taxa média realizada de retrabalho foi de 7,55%, enquanto a quantidade média de retornos ao *Checklist* foi de 166,30 ocorrências. A média de processos concluídos foi de 1.484,80 propostas, com estoques médios de 163,50 propostas em Vistoria e 386,60 em Jurídico.

Esses resultados foram iguais aos observados no Cenário 2. A redução do retrabalho diminuiu a carga das atividades sequenciais e liberou aproximadamente 259 horas-recurso, mas a realocação não acrescentou benefício adicional.

A quantidade média de unidades em uso da Colaboradora1 permaneceu igual a 2,033 nos Cenários 2 e 3. Entretanto, sua utilização percentual caiu de 50,82% para 40,66% porque a capacidade foi aumentada de quatro para cinco unidades.

De modo semelhante, a utilização do recurso Colaboradoras aumentou de 1,04% para 1,19% em razão da redução da capacidade nominal de oito para sete unidades. A quantidade média efetivamente ocupada permaneceu próxima de 0,083 unidade.

Assim, as alterações nos percentuais de utilização não representaram mudanças na carga real de trabalho. A realocação modificou apenas a relação matemática entre ocupação e capacidade disponível.

A inexistência de filas internas explica por que a redistribuição não alterou o desempenho. As atividades sequenciais já possuíam capacidade suficiente e a Atuação em Grupo continuou operando sem congestionamento após a retirada de uma unidade.

O resultado confirma o princípio da Teoria das Restrições de que a ampliação de capacidade em recursos não restritivos não aumenta o desempenho global. Também demonstra que a redução do retrabalho produziu seus efeitos independentemente da distribuição de quatro e oito ou cinco e sete colaboradoras.

Conclui-se que não houve efeito sinérgico entre as estratégias. Os benefícios do Cenário 3 decorreram integralmente da redução das pendências documentais, enquanto a realocação não aumentou o *throughput*, não reduziu os estoques e não modificou o trabalho efetivamente realizado.

Dessa forma, o Cenário 2 deve ser priorizado em relação ao Cenário 3. Ele proporciona o mesmo benefício operacional sem exigir redistribuição da equipe ou redução da capacidade nominal da Atuação em Grupo.

Recomenda-se manter a estrutura atual dos recursos e concentrar os esforços em iniciativas de melhoria da qualidade documental. A realocação poderá ser reavaliada caso o crescimento da demanda provoque formação de filas ou aumento significativo da utilização das atividades sequenciais.

5 CONCLUSÕES

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir da necessidade de compreender como alterações na distribuição dos recursos humanos e na ocorrência de pendências documentais poderiam afetar a eficiência operacional do processo de *backoffice* de uma empresa de crédito imobiliário. Por se tratar de um processo composto por atividades interdependentes, tempos de execução variáveis, recursos humanos compartilhados, retornos por retrabalho e etapas externas à organização, a análise isolada dos percentuais de utilização não seria suficiente para identificar as intervenções capazes de produzir benefícios para o fluxo.

Nesse contexto, buscou-se responder como a realocação de colaboradoras entre as atividades internas e a redução das taxas de retrabalho afetariam a quantidade de propostas concluídas, as filas internas, os estoques em Vistoria e Jurídico e a utilização dos recursos.

Para responder a essa questão, foi desenvolvido no *software* JaamSim um modelo de simulação de eventos discretos representativo do fluxo de *backoffice*, abrangendo desde a Pré-Análise até a conclusão das etapas de Vistoria e Jurídico. O modelo incorporou a estrutura de recursos existente, a lógica de roteamento das propostas, os retornos decorrentes de pendências, as distribuições probabilísticas ajustadas aos tempos de processamento e a variabilidade inerente às atividades administrativas. Posteriormente, foram simulados o cenário-base e três cenários alternativos: realocação de uma colaboradora entre os agrupamentos de recursos, redução da probabilidade de retrabalho e aplicação simultânea das duas estratégias.

Antes da realização dos experimentos, o processo de verificação e validação permitiu identificar e corrigir inconsistências na implementação inicial. A configuração explícita das capacidades dos processadores internos eliminou uma restrição artificial que provocava represamento indevido no *Checklist*, enquanto a representação das etapas externas por objetos compatíveis com tempos individuais de permanência aproximou os estoques de Vistoria e Jurídico dos valores utilizados como referência.

Após esses ajustes, o modelo reproduziu integralmente as quantidades de propostas geradas e concluídas da replicação de referência, apresentando diferenças nulas ou de apenas uma proposta nos principais indicadores de roteamento e estoques externos. Essa correspondência forneceu sustentação para a utilização do modelo na comparação dos cenários, embora tenha permanecido uma ressalva quanto à interpretação dos valores absolutos de utilização dos recursos.

Os resultados demonstraram que a realocação de uma colaboradora, proposta no Cenário 1, não produziu melhoria no desempenho do fluxo. A alteração da distribuição de

quatro e oito para cinco e sete colaboradoras nos recursos responsáveis, respectivamente, pelas atividades sequenciais e pela Atuação em Grupo não modificou a quantidade de processos concluídos, os retrabalhos, as filas internas ou os estoques em Vistoria e Jurídico. A redução da utilização percentual do recurso Colaboradora1, de 53,54% para 42,83%, decorreu exclusivamente do aumento de sua capacidade nominal, uma vez que a quantidade média de unidades efetivamente ocupadas permaneceu igual a 2,142. Assim, a maior utilização relativa observada no cenário-base não representava um gargalo efetivo, pois não havia filas internas que justificassem o acréscimo de capacidade nessa parte do processo.

O principal benefício operacional foi identificado no Cenário 2, no qual a probabilidade configurada de retrabalho foi reduzida de 15% para 7,5%. Nesse cenário, a quantidade média de retornos ao *Checklist* passou de 355,30 para 166,30 ocorrências durante o horizonte anual, correspondendo a uma redução aproximada de 53,2% e a cerca de 189 retrabalhos evitados. A taxa média realizada de retrabalho diminuiu de 14,85% para 7,55%, enquanto a quantidade média de unidades em uso da Colaboradora1 foi reduzida de 2,142 para 2,033. Considerando o horizonte de 2.376 horas, essa diferença representa a liberação aproximada de 259 horas-recurso, evidenciando a diminuição do esforço empregado em atividades repetidas.

Apesar da redução da carga interna, a quantidade média de propostas concluídas permaneceu praticamente estável, passando de 1.485,00 no cenário-base para 1.484,80 no Cenário 2. Os estoques médios em Vistoria e Jurídico também apresentaram variações mínimas, de 163,40 para 163,50 e de 386,50 para 386,60 propostas, respectivamente. Esses resultados demonstram que o retrabalho documental consome capacidade das atividades internas, mas não constitui, nas condições atuais, a principal restrição para o aumento do volume concluído. Dessa forma, o benefício do Cenário 2 está relacionado à eficiência interna, à redução de atividades que não agregam valor e à criação de capacidade disponível para absorver eventuais aumentos de demanda, e não ao crescimento imediato do *throughput*.

O Cenário 3, que combinou a redução do retrabalho com a redistribuição da equipe, apresentou os mesmos indicadores de fluxo do Cenário 2 em todas as replicações. Como as etapas afetadas pela realocação não possuíam filas e a modificação das capacidades não alterou os instantes de início ou término dos processamentos, as propostas percorreram as mesmas trajetórias simuladas. Consequentemente, não foi identificado efeito sinérgico entre as duas estratégias. As diferenças nos percentuais de utilização decorreram apenas da alteração dos denominadores utilizados no cálculo da capacidade, sem mudança na quantidade média de unidades em uso, nos estoques ou no volume concluído.

Diante desses resultados, verificou-se que, entre as alternativas avaliadas e nas condições operacionais representadas no modelo, o Cenário 2 apresentou os resultados mais favoráveis para a eficiência interna do processo. Esse cenário proporcionou o mesmo benefício mensurável observado no cenário combinado, sem exigir a redistribuição da equipe nem a redução da capacidade destinada à Atuação em Grupo, cujas atividades não foram integralmente incorporadas ao modelo. A questão de pesquisa foi, portanto, respondida ao se demonstrar que a realocação de recursos, isoladamente ou combinada com outra intervenção, não produziu melhorias nos indicadores de fluxo nas condições analisadas, enquanto a redução das pendências documentais diminuiu significativamente o retrabalho e o consumo de capacidade interna, mesmo sem alterar de forma relevante o número de propostas concluídas.

Os objetivos da pesquisa foram alcançados, uma vez que o processo de *backoffice* foi representado por meio de um modelo de simulação de eventos discretos parametrizado com dados empíricos; a lógica computacional foi verificada e seus resultados foram comparados com os indicadores do estudo utilizado como referência; os cenários de realocação de recursos e redução de retrabalho foram formulados e simulados; e seus efeitos foram avaliados por meio de múltiplas replicações e indicadores de fluxo, estoque e utilização. A comparação permitiu não apenas identificar uma alternativa operacionalmente favorável, mas também demonstrar que uma intervenção aparentemente promissora, baseada somente nos percentuais de utilização, não produziria ganhos nas condições atuais.

Como contribuição prática, os resultados indicam que a empresa deve priorizar ações voltadas à prevenção das pendências documentais, como o treinamento das colaboradoras, a padronização dos procedimentos, a revisão dos formulários, o aprimoramento das orientações fornecidas aos clientes e a adoção de listas de verificação antes do avanço das propostas. Essas iniciativas podem reduzir retornos ao *Checklist* e liberar capacidade sem ampliar o quadro de pessoal. A configuração atual de quatro colaboradoras associadas às atividades sequenciais e oito destinadas à Atuação em Grupo deve ser preservada enquanto não forem observados crescimento de demanda, formação de filas internas ou outros indícios de que essa distribuição se tornou uma restrição.

O estudo também apresenta contribuição metodológica ao demonstrar a aplicabilidade da simulação de eventos discretos em um processo administrativo de crédito imobiliário. O modelo possibilitou avaliar intervenções sem modificar a operação real e permitiu distinguir alterações efetivas de desempenho de mudanças meramente matemáticas nos percentuais de utilização. Dessa forma, pode ser utilizado como instrumento de apoio à decisão e atualizado

para avaliar novas condições operacionais, desde que seus parâmetros sejam revisados conforme a disponibilidade de dados mais recentes e eventuais mudanças no processo.

As conclusões devem, contudo, ser interpretadas à luz das limitações da pesquisa. A parametrização dos tempos de processamento foi baseada em amostras reduzidas, com aproximadamente 20 observações por atividade, em razão da implementação recente do sistema de registros da empresa. Além disso, os dados extraídos do ERP não permitiram separar empiricamente o tempo de trabalho ativo das colaboradoras dos períodos em que as propostas permaneciam aguardando documentos, respostas de clientes ou outras interações externas. Essa limitação pode ter provocado a superestimação dos valores absolutos de utilização, embora não tenha comprometido a comparação relativa entre os cenários submetidos às mesmas condições.

Outras limitações decorrem das simplificações necessárias à construção do modelo. Características individuais das propostas, como complexidade documental, tipo de cliente e necessidade de análises adicionais, não foram parametrizadas separadamente. Parte das atividades desempenhadas pela equipe de Atuação em Grupo também não foi incorporada, e as etapas externas de Vistoria e Jurídico foram representadas por tempos de permanência sem a modelagem detalhada dos recursos e das decisões das organizações responsáveis. Além disso, os resultados estão restritos à demanda, ao horizonte anual, à estrutura operacional e à empresa estudada, não permitindo sua generalização direta para outras organizações. Também não foram mensurados custos, impactos na satisfação dos clientes ou efeitos sobre a conversão das propostas em contratos.

Como continuidade, recomenda-se ampliar a base de dados e realizar medições que diferenciem o tempo efetivamente dedicado pelas colaboradoras dos períodos de espera externa. Também se sugere incorporar as demais atividades da Atuação em Grupo, representar com maior detalhamento as características das propostas e avaliar o comportamento do sistema sob níveis crescentes de demanda.

Novos estudos poderão testar outras configurações de recursos, diferentes percentuais de redução de retrabalho, modificações nos tempos de Vistoria e Jurídico e estratégias de priorização das propostas. A inclusão de custos operacionais, indicadores de qualidade percebida e dados de outros períodos ou empresas poderá ampliar a avaliação econômica e a possibilidade de comparação dos resultados. Também poderá ser explorada a integração do modelo de simulação com métodos de otimização, permitindo buscar configurações de recursos e parâmetros operacionais que atendam simultaneamente a diferentes objetivos de desempenho.

Os resultados evidenciam, ainda, que não há uma configuração operacional universalmente ótima para o processo analisado. A adequação de uma alternativa depende das

condições sob as quais o sistema opera, incluindo o nível de demanda, a distribuição da carga de trabalho, a capacidade disponível, a formação de filas, a frequência de retrabalho e os objetivos gerenciais considerados. Assim, uma configuração que não apresenta benefícios nas condições atuais pode tornar-se pertinente diante de alterações nesses parâmetros. Nesse sentido, os resultados da simulação devem ser interpretados como suporte à tomada de decisão para as condições avaliadas, e não como a definição de uma solução definitiva e independente do contexto operacional.

Com base nessas considerações e nas evidências obtidas, a melhoria da qualidade documental e a consequente redução do retrabalho apresentaram, entre as alternativas avaliadas, os resultados mais favoráveis para a eficiência interna nas condições operacionais representadas no modelo. Essa estratégia reduziu o esforço despendido em atividades repetidas, criou capacidade disponível para absorver possíveis aumentos futuros da demanda e, nas condições atuais, não indicou necessidade de ampliação do quadro de colaboradoras nem de alteração da distribuição existente da equipe. Esses resultados, entretanto, devem ser reavaliados caso ocorram mudanças na demanda, na estrutura operacional ou nos demais parâmetros do processo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DE CRÉDITO IMOBILIÁRIO E POU-PANÇA (ABECIP). *Financiamento imobiliário deve crescer 16% em 2026, projeta Abecip – Valor Econômico*. [S. l.]: ABECIP, 28 jan. 2026. Disponível em: <https://www.abecip.org.br/imprensa/noticias/financiamento-imobiliario-deve-crescer-16-em-2026-projeta-abecip-valor-economico>. Acesso em: 29 jul. 2026.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL. *CMN e BC estabelecem novo modelo de financiamento de crédito imobiliário*. Brasília, DF: Banco Central do Brasil, 10 out. 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/detalhenoticia/20879/nota>. Acesso em: 29 jul. 2026.
- BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. *Discrete-event system simulation*. 5. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2010.
- CHHEDA, S.; SCHIFF, R.; STEPHENS, D. *Cutting through the noise in retail banking customer experience*. [S. l.]: McKinsey & Company, 16 maio 2019. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/banking-matters/cutting-through-the-noise-in-retail-banking-customer-experience>. Acesso em: 29 jul. 2026.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- DELPACHITRA, S.; BEAL, D. Process benchmarking: an application to lending products. *Benchmarking: An International Journal*, [S. l.], v. 9, n. 4, p. 409–420, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1108/14635770210442725>. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/14635770210442725>. Acesso em: 29 jul. 2026.
- FREDDIE MAC. *2025 updates to the cost to originate study*. McLean, VA: Freddie Mac Single-Family, 18 nov. 2025. Disponível em: <https://sf.freddiemac.com/articles/insights/2025-updates-to-the-cost-to-originate-study>. Acesso em: 29 jul. 2026.
- FREIRE, Paulo. *A importância do ato de ler: em três artigos que se completam*. São Paulo: Cortez, 2002.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. *The goal: a process of ongoing improvement*. 3. ed. Great Barrington, MA: North River Press, 2012.
- HLUPIC, V.; DE VREEDE, G.-J. Business process modelling using discrete-event simulation: current opportunities and future challenges. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, [S. l.], v. 1, n. 1/2, p. 72–81, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSPM.2005.007115>. Disponível em: <https://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=7115>. Acesso em: 29 jul. 2026.
- JOHNSON, N. L.; KOTZ, S.; BALAKRISHNAN, N. *Continuous univariate distributions*. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1994. v. 1.

LAGUNA, M.; MARKLUND, J. *Business process modeling, simulation and design*. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315162119>. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9781315162119>. Acesso em: 29 jul. 2026.

LAW, A. M. *Simulation modeling and analysis*. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.

MASSEY JR., F. J. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, [S. l.], v. 46, n. 253, p. 68–78, 1951. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1951.10500769>. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01621459.1951.10500769>. Acesso em: 29 jul. 2026.

RAHMAN, S. Theory of constraints: a review of the philosophy and its applications. *International Journal of Operations & Production Management*, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 336–355, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1108/01443579810199720>. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/01443579810199720>. Acesso em: 29 jul. 2026.

ROBINSON, S. *Simulation: the practice of model development and use*. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

SANTOS, Carlos Henrique dos et al. Decision support in productive processes through DES and ABS in the Digital Twin era: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, v. 60, n. 8, p. 2662–2681, 2022. DOI: 10.1080/00207543.2021.1898691

SEKARAN, U.; BOUGIE, R. *Research methods for business: a skill-building approach*. 7. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2016.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SUSSUCHI, D. Y. S.; MAGALHÃES, I. F.; GALLO, I. P. F.; REIS, J. von A. dos; CÂMARA, M. R. S. Simulação aplicada à identificação de gargalos e otimização operacional em um processo de financiamento imobiliário. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 46., 2026, São Paulo. *Anais [...]*. São Paulo: ABEPRO, 2026. No prelo.

TELFORD, Tanya et al. *Automation with intelligence*. Deloitte Insights, 30 jun. 2022. Disponível em: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/talent/intelligent-automation-2022-survey-results.html>. Acesso em: 29 set. 2026.

ZOMERDIJK, L. G.; DE VRIES, J. Structuring front office and back office work in service delivery systems: an empirical study of three design decisions. *International Journal of Operations & Production Management*, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 108–131, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1108/01443570710714565>. Disponível em: <https://www.emerald.com/ijopm/article/27/1/108/313779>. Acesso em: 29 jul. 2026.

APÊNDICE A – ARQUIVO DE CONFIGURAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DESENVOLVIDO NO JAAMSIM

Este apêndice apresenta o arquivo de configuração correspondente ao modelo de simulação desenvolvido no software JaamSim para representar o processo de *backoffice* analisado neste trabalho. O conteúdo apresenta os principais objetos, recursos, distribuições de probabilidade, capacidades e parâmetros utilizados na construção e execução do modelo.

RecordEdits

```

Define DiscreteDistribution { TaxaPendencia1 TaxaPendencia2 }
Define ExponentialDistribution { TaxaJuridico }
Define LogNormalDistribution { TaxaAtuarGrupo TaxaEnvioForm TaxaPre TaxaRetorno-
Form TaxaVistoria }
Define NormalDistribution { TaxaCheck TaxaSubirDocs TaxaWhats }
Define Branch { Branch1 Pendencia2 }
Define EntityConveyor { EntityConveyor1 EntityConveyor2 NAO TCheck TDocs TEn-
vioForm TGrupo TPre TRetornoForm TWhats }
Define EntityDelay { EntityDelay1 EntityDelay2 }
Define EntityGenerator { Chegada }
Define EntityProcessor { AtuarGrupo CheckList EntradaWhats EnvioForm PreAnalise
RetornoForm SubirDocs }
Define EntitySink { Fim }
Define Queue { FilaAtuarGrupo FilaChecklist FilaEnvioForm FilaPreAnalise FilaRe-
tornoForm FilaUploadDoc FilaWhats }
Define SimEntity { ProcessoFinanciamento }
Define Resource { Colaboradora1 Colaboradoras }
Define ColladaModel { Axis }
Define DisplayEntity { XY-Grid XYZ-Axis }
Define OverlayClock { Clock }
Define OverlayText { Title }
Define View { View1 View2 }

```

```

Simulation CustomOutputList { { Colaboradora1 0 } { Colaboradoras 0 } }

```

```

TaxaPendencia1 UnitType { DimensionlessUnit }
TaxaPendencia2 UnitType { DimensionlessUnit }
TaxaJuridico UnitType { TimeUnit }
TaxaAtuarGrupo UnitType { TimeUnit }
TaxaEnvioForm UnitType { TimeUnit }
TaxaPre UnitType { TimeUnit }
TaxaRetornoForm UnitType { TimeUnit }
TaxaVistoria UnitType { TimeUnit }
TaxaCheck UnitType { TimeUnit }
TaxaSubirDocs UnitType { TimeUnit }

```

```

TaxaWhats UnitType { TimeUnit }

Simulation CustomOutputList { { Colaboradora1 4 } { Colaboradoras 8 } }

Simulation Description { 'Simulation run control inputs' }
Simulation RunDuration { 2376 h }
Simulation PrintReport { TRUE }
Simulation RunOutputList { { [Chegada].NumberGenerated } }
Simulation StartingScenarioNumber { 1 }
Simulation EndingScenarioNumber { 1 }
Simulation NumberOfReplications { 10 }

# *** DiscreteDistribution ***

TaxaPendencia1 RandomSeed { 4 }
TaxaPendencia1 MinValue { 0 }
TaxaPendencia1 ValueList { 1 2 }
TaxaPendencia1 ProbabilityList { 0.85 0.15 }

TaxaPendencia2 RandomSeed { 12 }
TaxaPendencia2 MinValue { 0 }
TaxaPendencia2 ValueList { 1 2 }
TaxaPendencia2 ProbabilityList { 0.85 0.15 }

# *** ExponentialDistribution ***

TaxaJuridico RandomSeed { 11 }
TaxaJuridico MinValue { 2 d }
TaxaJuridico MaxValue { 80 d }
TaxaJuridico Mean { 18 d }

# *** LogNormalDistribution ***

TaxaAtuarGrupo RandomSeed { 9 }
TaxaAtuarGrupo Scale { 1 min }
TaxaAtuarGrupo NormalMean { 1.799 }
TaxaAtuarGrupo NormalStandardDeviation { 0.495 }

TaxaEnvioForm RandomSeed { 6 }
TaxaEnvioForm Scale { 1 min }
TaxaEnvioForm NormalMean { 2.15 }
TaxaEnvioForm NormalStandardDeviation { 0.89 }

TaxaPre RandomSeed { 2 }
TaxaPre Scale { 1 min }
TaxaPre NormalMean { 1.418 }
TaxaPre NormalStandardDeviation { 0.585 }

TaxaRetornoForm RandomSeed { 7 }
TaxaRetornoForm Scale { 1 min }

```

TaxaRetornoForm NormalMean { 2.082 }
 TaxaRetornoForm NormalStandardDeviation { 1.281 }

TaxaVistoria RandomSeed { 10 }
 TaxaVistoria Scale { 1 d }
 TaxaVistoria NormalMean { 2 }
 TaxaVistoria NormalStandardDeviation { 0.378 }

*** NormalDistribution ***

TaxaCheck RandomSeed { 3 }
 TaxaCheck MinValue { 0 min }
 TaxaCheck Mean { 82.65 min }
 TaxaCheck StandardDeviation { 26.15 min }

TaxaSubirDocs RandomSeed { 8 }
 TaxaSubirDocs MinValue { 0 min }
 TaxaSubirDocs Mean { 16.25 min }
 TaxaSubirDocs StandardDeviation { 7.89 min }

TaxaWhats RandomSeed { 5 }
 TaxaWhats MinValue { 0 min }
 TaxaWhats Mean { 5.05 min }
 TaxaWhats StandardDeviation { 1.31 min }

*** Branch ***

Branch1 NextComponentList { NAO EntityConveyor1 }
 Branch1 Choice { TaxaPendencial }

Pendencia2 NextComponentList { FilaAtuarGrupo EntityConveyor2 }
 Pendencia2 Choice { TaxaPendencia2 }

*** EntityConveyor ***

EntityConveyor1 NextComponent { FilaChecklist }

EntityConveyor2 NextComponent { EntityDelay1 }

NAO NextComponent { FilaWhats }

TCheck NextComponent { Branch1 }

TDocs NextComponent { Pendencia2 }

TEnvioForm NextComponent { FilaRetornoForm }

TGrupo NextComponent { EntityDelay1 }

TPre NextComponent { FilaChecklist }

TRetornoForm NextComponent { FilaUploadDoc }

TWhats NextComponent { FilaEnvioForm }

*** EntityDelay ***

EntityDelay1 NextComponent { EntityDelay2 }

EntityDelay1 Duration { TaxaVistoria }

EntityDelay2 NextComponent { Fim }

EntityDelay2 Duration { TaxaJuridico }

*** EntityGenerator ***

Chegada NextComponent { FilaPreAnalise }

Chegada InterArrivalTime { 1.1665 h }

Chegada PrototypedEntity { ProcessoFinanciamento }

*** EntityProcessor ***

AtuarGrupo NextComponent { TGrupo }

AtuarGrupo WaitQueue { FilaAtuarGrupo }

AtuarGrupo ResourceList { Colaboradoras }

AtuarGrupo Capacity { 8 }

AtuarGrupo ServiceTime { TaxaAtuarGrupo }

CheckList NextComponent { TCheck }

CheckList WaitQueue { FilaChecklist }

CheckList ResourceList { Colaboradora1 }

CheckList Capacity { 4 }

CheckList ServiceTime { TaxaCheck }

EntradaWhats NextComponent { TWhats }

EntradaWhats WaitQueue { FilaWhats }

EntradaWhats ResourceList { Colaboradora1 }

EntradaWhats Capacity { 4 }

EntradaWhats ServiceTime { TaxaWhats }

EnvioForm NextComponent { TEnvioForm }

EnvioForm WaitQueue { FilaEnvioForm }

EnvioForm ResourceList { Colaboradora1 }

EnvioForm Capacity { 4 }

EnvioForm ServiceTime { TaxaEnvioForm }

PreAnalise NextComponent { TPre }

PreAnalise WaitQueue { FilaPreAnalise }

PreAnalise Capacity { 1 }

PreAnalise ServiceTime { TaxaPre }

```

RetornoForm NextComponent { TRetornoForm }
RetornoForm WaitQueue { FilaRetornoForm }
RetornoForm ResourceList { Colaboradora1 }
RetornoForm Capacity { 4 }
RetornoForm ServiceTime { TaxaRetornoForm }

```

```

SubirDocs NextComponent { TDocs }
SubirDocs WaitQueue { FilaUploadDoc }
SubirDocs ResourceList { Colaboradora1 }
SubirDocs Capacity { 4 }
SubirDocs ServiceTime { TaxaSubirDocs }

```

```
# *** Resource ***
```

```
Colaboradora1 Capacity { [Simulation].Colaboradora1 }
```

```
Colaboradoras Capacity { [Simulation].Colaboradoras }
```

```
# *** GRAPHICS INPUTS ***
```

```

Simulation RealTime { FALSE }
Simulation SnapToGrid { TRUE }
Simulation ShowLabels { TRUE }
Simulation ShowSubModels { TRUE }
Simulation ShowReferences { FALSE }
Simulation ShowEntityFlow { TRUE }
Simulation ShowModelBuilder { TRUE }
Simulation ShowObjectSelector { TRUE }
Simulation ShowInputEditor { TRUE }
Simulation ShowOutputViewer { TRUE }
Simulation ShowPropertyViewer { FALSE }
Simulation ShowLogViewer { TRUE }

```

```
TaxaPendencia1 Position { 17.4 9.5 0.0 m }
```

```
TaxaPendencia2 Position { 32.5 13.5 0.0 m }
```

```
TaxaJuridico Position { 38.8 -0.3 0.0 m }
```

```
TaxaAtuarGrupo Position { 25.3 7.8 0.0 m }
```

```
TaxaEnvioForm Position { 26.9 -1.3 0.0 m }
```

```
TaxaPre Position { 14.0 -1.3 0.0 m }
```

```
TaxaRetornoForm Position { 32.4 -1.4 0.0 m }
```

```
TaxaVistoria Position { 40.0 6.1 0.0 m }
```

```
TaxaCheck Position { 13.9 9.6 0.0 m }
```

TaxaSubirDocs Position { 29.3 5.8 0.0 m }

TaxaWhats Position { 20.7 -1.3 0.0 m }

Branch1 Position { 17.4 5.8 0.0 m }

Pendencia2 Position { 32.5 10.7 0.0 m }

EntityConveyor1 Points { { 17.2 5.7 0.0 m } { 14.2 4.2 0.0 m } }

EntityConveyor2 Points { { 33.6 10.6 0.0 m } { 36.2 10.6 0.0 m } }

NAO Points { { 18.3 5.6 0.0 m } { 20.4 4.5 0.0 m } }

TCheck Points { { 14.7 6.7 0.0 m } { 16.7 6.1 0.0 m } }

TDocs Points { { 32.5 6.4 0.0 m } { 32.5 9.4 0.0 m } }

TEnvioForm Points { { 27.5 1.4 0.0 m } { 29.4 1.4 0.0 m } }

TGrupo Points { { 28.6 7.9 0.0 m } { 36.5 10.2 0.0 m } }

TPre Points { { 14.0 2.2 0.0 m } { 14.0 3.3 0.0 m } }

TRetornoForm Points { { 32.5 2.0 0.0 m } { 32.5 3.2 0.0 m } }

TWhats Points { { 21.6 1.4 0.0 m } { 23.0 1.4 0.0 m } }

EntityDelay1 Points { { 37.6 10.2 0.0 m } { 37.6 3.1 0.0 m } }

EntityDelay2 Points { { 37.5 1.5 0.0 m } { 40.0 1.5 0.0 m } }

Chegada Position { 6.4 1.3 0.0 m }

AtuarGrupo Position { 27.7 7.8 0.0 m }

CheckList Position { 14.0 6.8 0.0 m }

EntradaWhats Position { 20.7 1.4 0.0 m }

EnvioForm Position { 26.9 1.4 0.0 m }

PreAnalise Position { 14.0 1.3 0.0 m }

RetornoForm Position { 32.5 1.4 0.0 m }

SubirDocs Position { 32.5 5.8 0.0 m }

Fim Position { 41.1 1.6 0.0 m }

FilaAtuarGrupo Position { 27.7 10.6 0.0 m }

FilaChecklist Position { 14.0 4.2 0.0 m }

FilaEnvioForm Position { 23.9 1.4 0.0 m }

FilaPreAnalise Position { 9.9 1.3 0.0 m }

FilaRetornoForm Position { 30.2 1.4 0.0 m }

FilaUploadDoc Position { 32.5 3.9 0.0 m }

FilaWhats Position { 20.7 4.2 0.0 m }

ProcessoFinanciamento Position { 2.8 1.3 0.0 m }

ProcessoFinanciamento Alignment { 0.0 0.0 -0.5 }

Colaboradora1 Position { 21.1 10.0 0.0 m }

Colaboradoras Position { 24.9 11.3 0.0 m }

*** ColladaModel ***

Axis ColladaFile { <res>/shapes/axis_text.dae }

*** DisplayEntity ***

XY-Grid Description { 'Grid for the X-Y plane (100 m x 100 m)' }

XY-Grid Size { 100 100 m }

XY-Grid DisplayModel { Grid100x100 }

XY-Grid Movable { FALSE }

XYZ-Axis Description { 'Unit vectors' }

XYZ-Axis Alignment { -0.4393409 -0.4410096 -0.4394292 }

XYZ-Axis Size { 1.125000 1.1568242 1.1266404 m }

XYZ-Axis DisplayModel { Axis }

XYZ-Axis Movable { FALSE }

*** OverlayClock ***

Clock Description { 'Simulation date and time' }

Clock ScreenPosition { 15 15 }

Clock AlignBottom { TRUE }

Clock TextHeight { 10 }

Clock FontColour { gray20 }

Clock FontStyle { ITALIC }

Clock DateFormat { 'yyyy-MMM-dd HH:mm:ss.SSS' }

*** OverlayText ***

```
Title Description { 'Title for the simulation model' }
Title ScreenPosition { 15 15 }
Title Format { 'Model BackOffice' }
Title TextHeight { 18 }
Title FontColour { 150 23 46 }
Title FontStyle { BOLD }
```

```
# *** View ***
```

```
View1 Description { 'Default view window' }
View1 ViewCenter { 31.911139 7.824151 4.154124 m }
View1 ViewPosition { 31.911139 7.824151 21.474631 m }
View1 ShowWindow { FALSE }
View1 Lock2D { TRUE }
View1 SkyboxImage { <res>/images/sky_map_2048x1024.jpg }
```

```
View2 ViewPosition { 21.8 3.9 40.807087 m }
View2 ViewDirection { 0.0 0.0 -1.0 m }
View2 WindowPosition { 212 99 }
View2 ShowWindow { TRUE }
```