

UTILIZAÇÃO DA SIMULAÇÃO A EVENTOS DISCRETOS NO PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS ESPERADOS PELA PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO PENSAMENTO ENXUTO NO SETOR DE REGISTRO ESCOLAR EM UM INSTITUTO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR

Kátia Ribeiro Gonçalves de Almeida⁽¹⁾, Dr. José Antonio de Queiroz⁽²⁾

⁽¹⁾Mestre em Administração – Universidade Federal de Itajubá - ⁽²⁾Professor orientador – Universidade Federal de Itajubá

RESUMO

A simulação computacional é uma técnica bastante utilizada para minimizar as dificuldades e aumentar as chances de sucesso da implementação enxuta. Nesse contexto, o objetivo geral desta pesquisa é empregar a Simulação a Eventos Discretos na avaliação dos resultados esperados da implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino. O objetivo específico é desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura para entender como o pensamento enxuto vem sendo implementado nos ambientes administrativos públicos, suas contribuições e dificuldades, bem como a maneira na qual a Simulação a Eventos Discretos pode auxiliar na implementação enxuta. Como metodologia, o Mapeamento de Fluxo de Valor foi integrado às etapas da Simulação, onde os mapas de fluxo de valor atuais e futuros das famílias de serviços selecionadas foram modelados e simulados, obtendo-se como resultados, por meio da eliminação de desperdícios, uma redução dos *Lead Times* das famílias mapeadas de 93,5%, 47,4% e 59,6%, comparando-se estados atuais e futuros simulados, e de 92,8%, 45,0% e 61,0%, comparando-se estados atuais e futuros desenhados. Primeiro, tais conjuntos de valores comprovam as significativas reduções. Segundo, comprovam também a coerência entre os mapas desenhados, que são estáticos e determinísticos, e os simulados, que são dinâmicos e estocásticos. Com o objetivo geral restrito à utilização da Simulação a Eventos Discretos para avaliar antecipadamente os resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto ao objeto de estudo, a aplicação efetiva desses conceitos e ferramentas fica como proposta natural para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Conceitos e ferramentas enxutos. Ambientes administrativos públicos. Simulação a eventos discretos.

1 INTRODUÇÃO

A Manufatura Enxuta ou *Lean Manufacturing*, surgida no Japão após a segunda guerra mundial, é uma abordagem que busca reduzir desperdícios enquanto aumenta a produtividade, a qualidade e a satisfação dos clientes (OHNO, 1997; WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Embora tenha sido desenvolvido originalmente para o ambiente manufatureiro, os conceitos e ferramentas enxutas podem ser adaptados aos ambientes administrativos, onde recebe o nome de Escritório Enxuto ou *Lean Office* (TAPPING; SHUKER, 2003).

Em levantamento realizado junto à Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino Médio de uma instituição pública federal de ensino localizada no centro-oeste mineiro, identificou-se que os serviços prestados somam um total de 30 processos. Dentre os processos levantados, os processos de Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo e Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, que acontecem ao final e ao início do período letivo, são extensos, demandando dedicação e emprego de força de trabalho, e por acontecerem em paralelo, possuem um alto *Lead Time* provocado pelos desperdícios combatidos pelo *Lean Office*.

Assim, esta pesquisa tem como objetivo geral empregar o método de Modelagem e Simulação, por meio da Simulação a Eventos Discretos (SED), na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino (IFE). Para alcançar esse objetivo geral, será feita uma integração entre as etapas do método de Modelagem e Simulação e as etapas da ferramenta enxuta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) ou *Value Stream Mapping* (VSM).

Já o objetivo específico é desenvolver uma Revisão Sistemática da Literatura para entender como o pensamento enxuto vem sendo aplicado nos ambientes administrativos, em particular nos públicos, destacando as contribuições e dificuldades apontadas pela literatura existente; e destacar a maneira pela qual a (SED) pode ser utilizada para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades associadas à implementação desses conceitos nos ambientes administrativos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

A Manufatura Enxuta surgiu no Japão na década de 1950, e tem suas origens no Sistema Toyota de Produção (STP) (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). Taiichi Ohno, engenheiro da *Toyota Motor Company*, acreditava que eliminando desperdícios, ou seja, atividades que consomem recursos, mas que não agregam valor do ponto de vista do cliente, a produtividade japonesa poderia aumentar em dez vezes (OHNO, 1997). De acordo com Ohno (1997), os

desperdícios que devem ser eliminados para se ter a verdadeira melhoria na eficiência são: superprodução; estoque; transporte; espera; movimentação; processamento; e retrabalho.

O sucesso da aplicação da Manufatura Enxuta na produção industrial possibilitou a adaptação dos conceitos e ferramentas enxutas para o ambiente de escritório, onde recebe a denominação de Escritório Enxuto ou *Lean Office* (TAPPING; SHUKER, 2003). A implementação enxuta nos ambientes administrativos desburocratiza e simplifica os processos, melhora os fluxos de informação, reduz os tempos de espera e transporte, reduz o volume de estoque, reduz a movimentação de pessoas, ganhando-se, assim, tempo para a execução de outras atividades, e evita perdas de tempo e material por trabalhos mal executados (TAPPING; SHUKER, 2003).

As instituições públicas, imersas em contextos marcadamente diferentes daqueles das organizações privadas, lidam com diversos interesses atendendo a demandas específicas, tais como transparência, integridade, responsabilidade, metas internas, objetivos políticos, orçamentos, políticas culturais, regras, procedimentos e leis específicas (LUKRAFKA; SILVA; ECHEVESTE, 2020). Vários fatores, tais como cortes orçamentários, exigência por serviços públicos eficientes e de qualidade entregues aos cidadãos, e igualdade de acesso aos serviços oferecidos, têm feito com que os setores públicos busquem o *Lean* como forma de atendimento a essas exigências (LUKRAFKA; SILVA; ECHEVESTE, 2020; RODGERS; ANTONY, 2019; ANTONY; RODGERS; GIJO, 2016).

As técnicas de simulação, desenvolvidas principalmente nos anos 1950, evoluíram consideravelmente nos últimos anos e agora podem apoiar processos de tomada de decisões estratégicas, táticas e operacionais (URIARTE; NG; MORIS, 2020). A simulação, segundo Bateman *et al* (2013) e Banks *et al* (2010), é a imitação da operação de um processo ou sistema do mundo real ao longo do tempo por meio de modelos seja manualmente ou em um computador, e a SED é a modelagem de um sistema conforme ele evolui ao longo do tempo, por uma representação em que as variáveis de estado mudam instantaneamente em pontos no tempo (LAW; KELTON, 2007).

Robinson *et al.* (2012) afirmam que o *Lean* e a Simulação são métodos complementares, pois possuem motivação semelhante, que é a melhoria de processos e prestação de serviços, embora sejam frequentemente usados de forma independente. Uriarte, NG e Moris (2020) também defendem uma ligação mais incisiva entre *Lean* e Simulação, onde a Simulação precisa se tornar uma atividade natural dentro de projetos de redesenho de processos de negócio e melhorias *Lean*.

2.2 Estado da Arte

A Revisão Sistemática da Literatura (RSL), utilizada para apresentar o Estado da Arte, foi realizada na base de dados Portal de Periódicos CAPES/MEC, onde foram selecionados 25 artigos a partir de parâmetros pré-definidos. Na RSL buscou-se entender como o pensamento enxuto vem sendo aplicado nos ambientes administrativos públicos, destacando as contribuições e dificuldades apontadas pela literatura existente, bem como a maneira pela qual a SED pode ser utilizada para alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades da implementação desses conceitos nesses ambientes.

Nos artigos selecionados, identificou-se que:

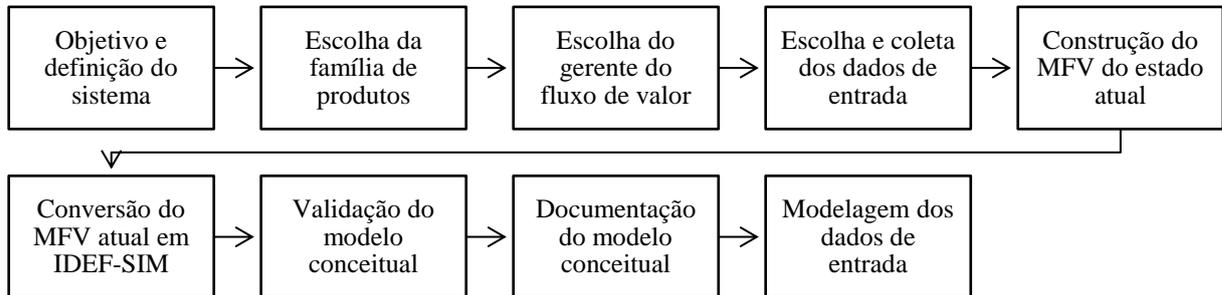
- todos tratam da aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas a ambientes administrativos públicos de diversos setores, tais como administração pública, justiça criminal, saúde, educação, governo local e serviços, em diversos países;
- todos apresentam as contribuições práticas na forma de resultados das pesquisas em atendimento a seus objetivos, sendo a resolução de problemas por meio da implementação de ferramentas e conceitos enxutos, identificação de lacunas na literatura, constatação da eficiência e benefícios da aplicação das ferramentas enxutas, entre outros;
- todos apresentaram as dificuldades de implementação das ferramentas e conceitos enxutos, sendo as principais dificuldades encontradas resistência à implementação/mudanças, pouca referência na Literatura sobre a implementação em ambientes administrativos públicos, e falta de conhecimento sobre o *Lean*;
- a exceção de um artigo, os demais propõem soluções para as dificuldades encontradas, sendo as principais treinamento/capacitação para toda a equipe, maior envolvimento das pessoas no projeto, maior número de publicações de estudos e pesquisas. Destaca-se que essas soluções estão diretamente relacionadas às principais dificuldades encontradas;
- as principais ferramentas utilizadas nas pesquisas dos artigos selecionados desta RSL foram MFV, Mapeamento de Processos, DMAIC e a melhoria contínua, e esses dados comprovam a importância do MFV; e
- apenas um artigo usou a simulação como método para a implementação de conceitos e ferramentas enxutas, o que demonstra a pouca utilização desse método para esta

finalidade, e reforça a importância deste trabalho em propor a SED como meio de alavancar as contribuições e minimizar as dificuldades desta implementação.

2.3 Procedimentos metodológicos de pesquisa e resultados

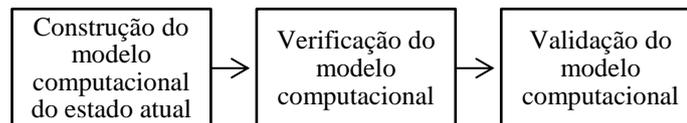
Esta pesquisa tem natureza aplicada, com o tipo de abordagem quantitativa. Quanto aos objetivos, é uma pesquisa exploratória, e utiliza o método de Modelagem e Simulação. Montevechi *et al* (2010) propõem que o método de Modelagem e Simulação seja dividido em três etapas: concepção, implementação e análise, e esta pesquisa seguirá essa proposta, integrando-a as etapas do MFV propostas por Rother e Shook (2003), que são: escolha da família de produtos, desenho do estado atual, desdenho do estado futuro e plano de trabalho e implementação. As Figuras 1, 2 e 3 mostram a integração das etapas do método de Modelagem e Simulação proposto por Montevechi *et al* (2010) às etapas do MFV propostas por Rother e Shook (2003) seguidas nesta pesquisa.

Figura 1 - Passos seguidos na etapa de concepção



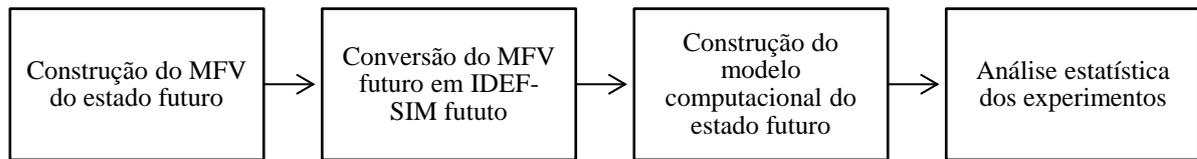
Fonte: Adaptado de Santos (2016)

Figura 2 - Passos seguidos na etapa de implementação



Fonte: Adaptado de Santos (2016)

Figura 3 - Passos da etapa de análise



Fonte: Adaptado de Santos (2016)

Foram escolhidas como famílias de serviços os processos de Emissão de Históricos e Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo (Família 1), e Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo (Família 2). Essas famílias foram selecionadas por apresentarem, respectivamente, um *Lead Time* Máximo de 53,71 dias, 43,76 dias e 77 dias, além de serem os processos mais extensos do setor e acontecerem em paralelo.

A coleta de dados para os processos em estudo ocorreu entre os dias 03/12/2019 e 03/07/2020, por meio de observação direta, cronometragem e extração de dados de registro do ERP, e o armazenamento desses dados foi feito por meio de planilhas eletrônicas no *software* Excel®.

A coleta de dados para o processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo ocorreu entre os dias 02/01/2020 e 13/02/2020, conforme Tabela 1, em uma amostra de 40 alunos de um total de 134 formandos, de 6 cursos distintos.

Tabela 1 - Coleta de dados para o processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo

Atividades	Período	Forma de coleta de dados
Conferir Notas	02/01/2020 a 04/02/2020	Cronometragem
Apurar Resultados	28/01/2020 a 04/02/2020	Cronometragem
Conferir Documentos	03/02/2020	Cronometragem
Gerar Histórico	03/02/2020 e 04/02/2020	Cronometragem
Imprimir Histórico	04/02/2020	Cronometragem
Assinatura Gerente	04/02/2020 a 13/02/2020	Cronometragem
Arquivar na Pasta	14/02/2020	Cronometragem

Fonte: A autora

A coleta de dados para o processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo ocorreu entre os dias 04/02/2020 e 09/03/2020, em uma amostra de 40 alunos de um total de 134 formandos, de 6 cursos distintos, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Coleta de dados para o processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo

Atividades	Período	Forma de coleta de dados
Registrar Data de Conclusão no ERP	04/02/2020	Cronometragem
Gerar Diploma	04/02/2020	Cronometragem
Alterar Situação no SISTEC	10/02/2020	Cronometragem
Lançar Número SISTEC no ERP	10/02/2020	Cronometragem
Imprimir Diploma	10/02/2020	Cronometragem
Assinatura da Gerente no Diploma	10/02/2020 a 13/02/2020	Cronometragem
Protocolo para Diretoria Geral	13/02/2020	Cronometragem
Assinatura do Diretor-Geral no Diploma	13/02/2020 a 17/02/2020	Cronometragem
Protocolo para Reitoria	10/02/2020	Cronometragem
Assinatura Gerente no Protocolo Reitoria	10/02/2020	Cronometragem
Assinatura Diretor Ensino no Protocolo Reitoria	10/02/2020 a 12/02/2020	Cronometragem
Assinatura do Reitor no Diploma	18/02/2020 a 06/03/2020	Cronometragem
Arquivar na Pasta	09/03/2020	Cronometragem

Fonte: A autora

A coleta de dados para o processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo ocorreu entre os dias 13/02/2020 e 28/04/2020, para todo o processo, conforme Tabela 3.

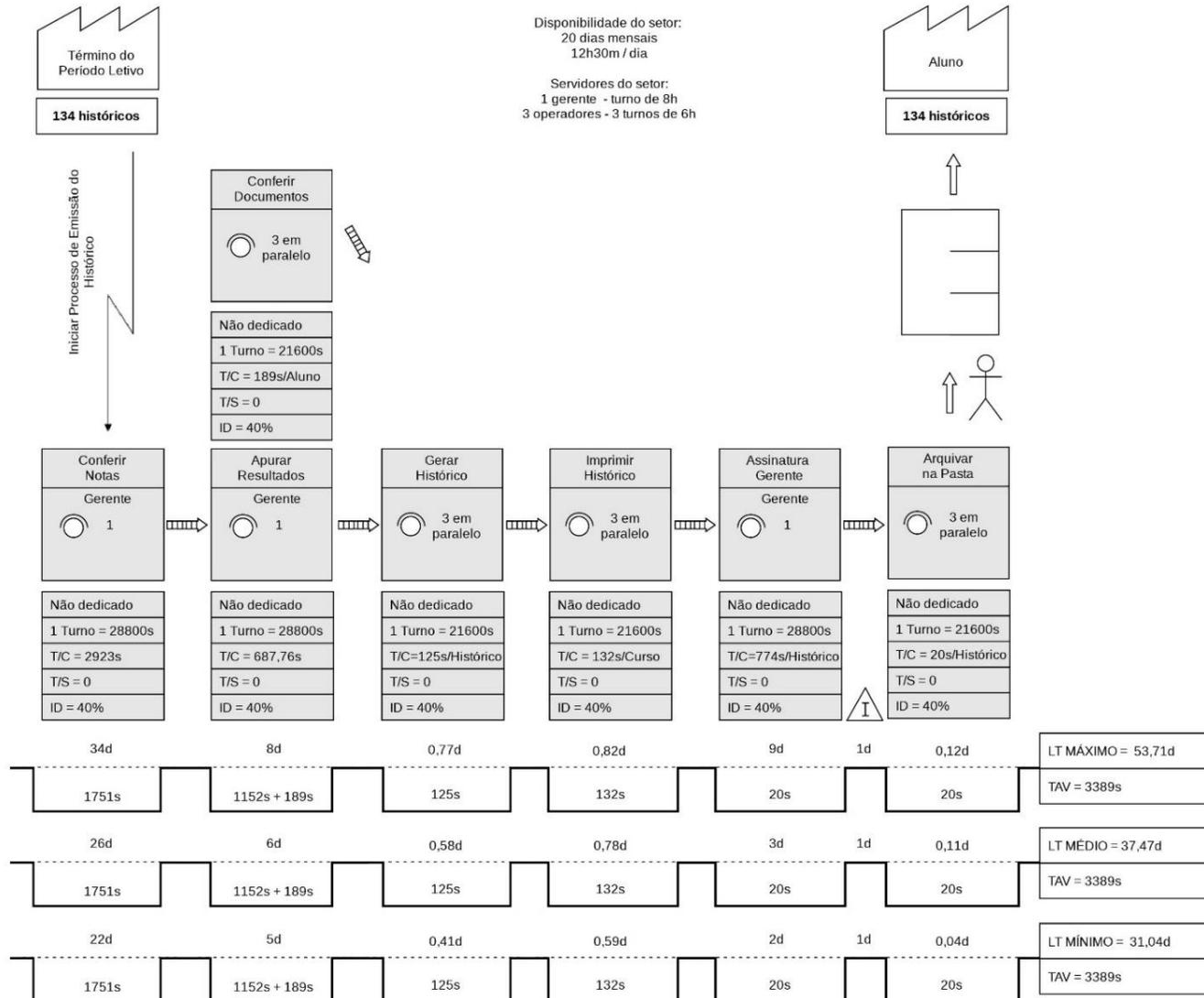
Tabela 3 - Coleta de dados para o processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo

Atividades	Período	Forma de coleta de dados
Incluir alunos no ERP	13/02/2020 a 05/03/2020	Relatórios SQL ERP
Matricular os alunos	17/02/2020 a 26/03/2020	Relatórios SQL ERP
Conferir dados	23/03/2020 a 28/04/2020	Cronometragem
Fazer pastas	Em aberto	Cronometragem

Fonte: A autora

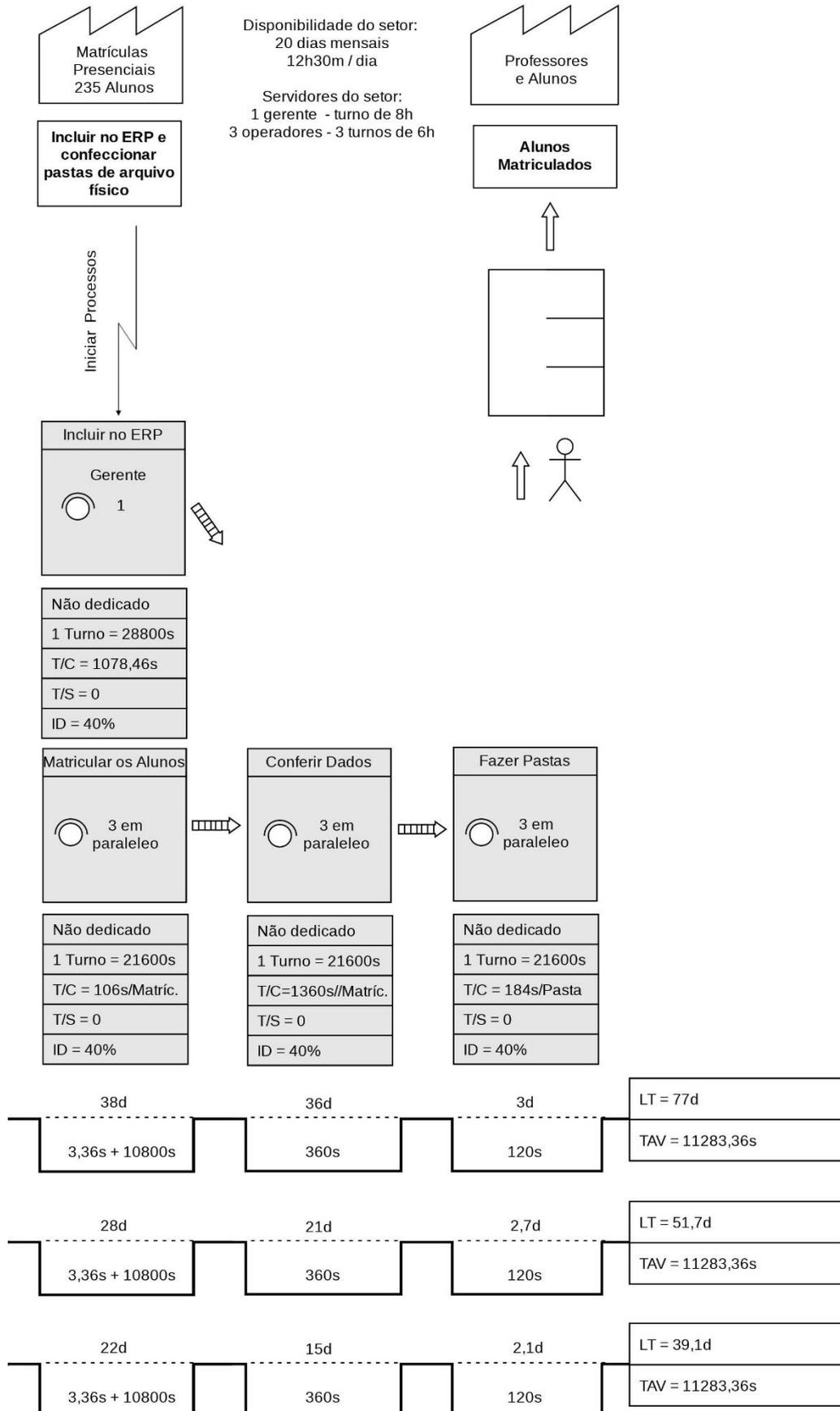
Para o desenho dos mapas dos estados atuais, Figuras 4, 5 e 6, utilizou-se a simbologia proposta por Rother e Shook (2003), e trabalhou-se com valores determinísticos, representados pelos maiores valores coletados para cada atividade nos mapas. Ao optar pela utilização dos maiores valores, em detrimento dos médios, quis-se trabalhar com uma maior margem de segurança.

Figura 4 - MFV do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

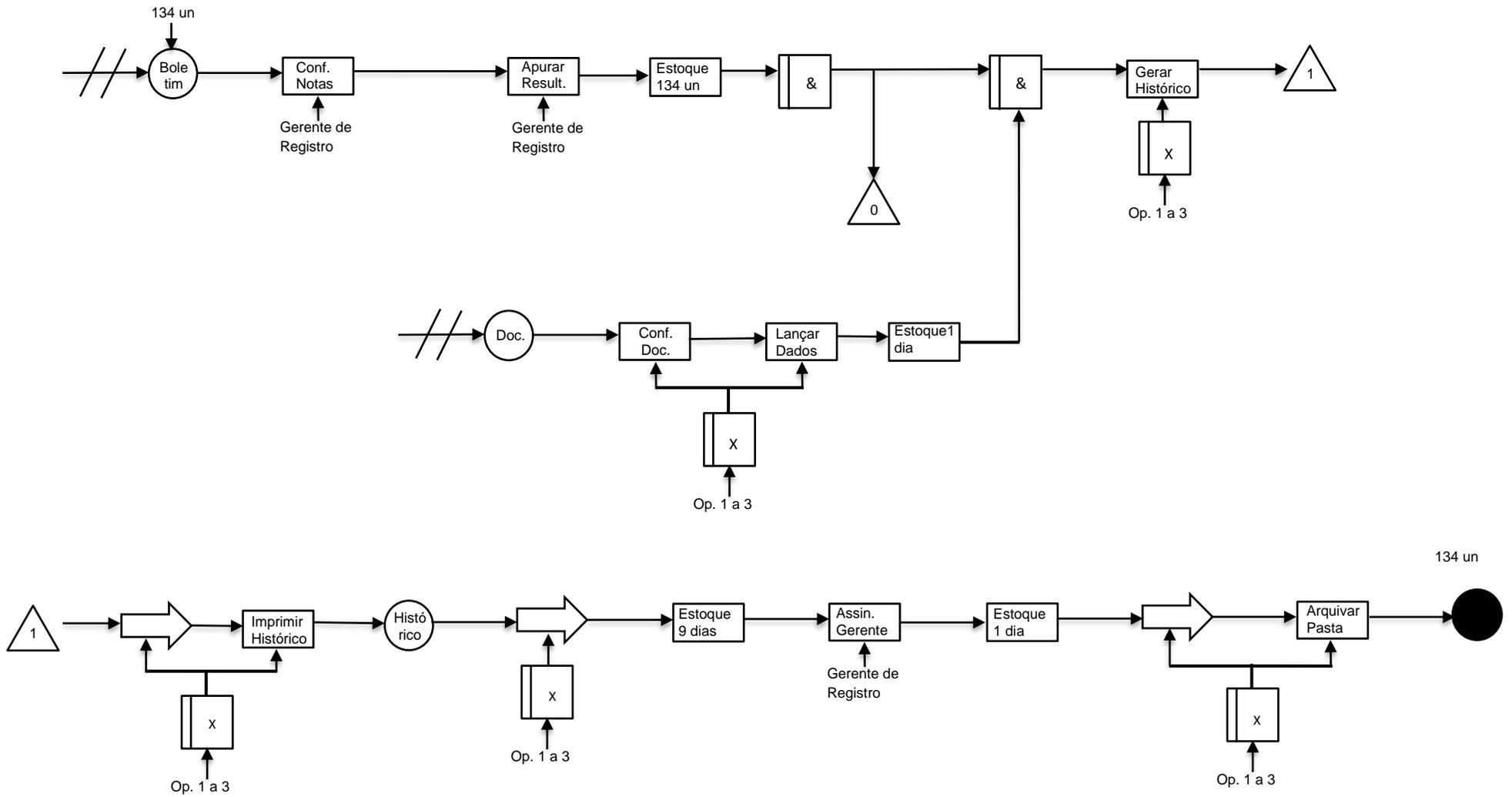
Figura 6 - MFV do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

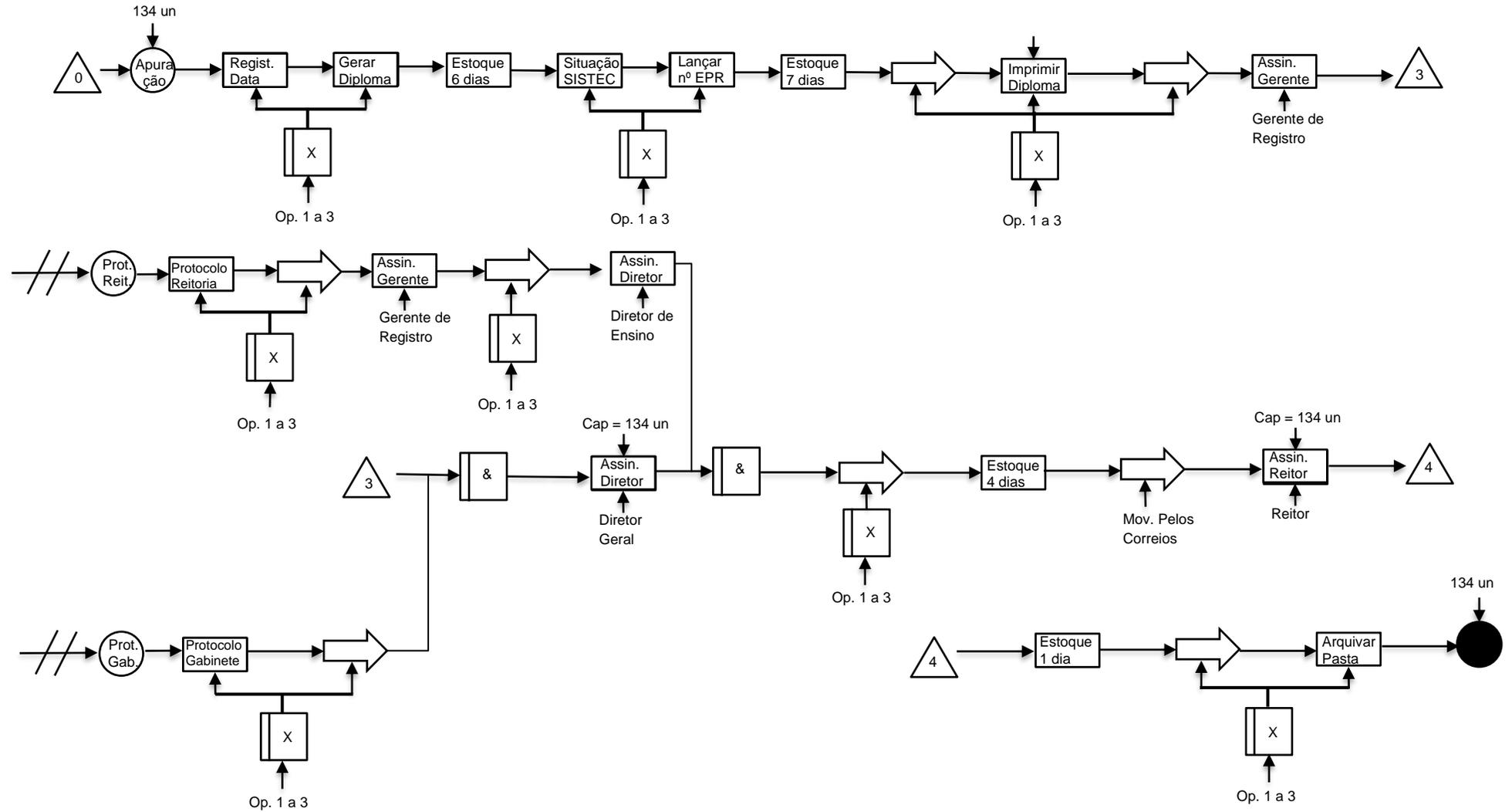
Em seguida, os mapas dos estados atuais foram convertidos em IDEF-SIM, utilizando-se a simbologia apresentada por Bateman *et al* (2013), largamente utilizada nos meios acadêmico e empresarial. As Figuras 7, 8 e 9 representam a conversão dos mapas dos estados atuais em IDEF-SIM atuais. A validação dos modelos conceituais se deu por meio da técnica de Validação Face a Face, citada por Chwif e Medina (2014), contando com a participação da Gerente do Fluxo de Valor.

Figura 7 - IDEF-SIM do estado atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



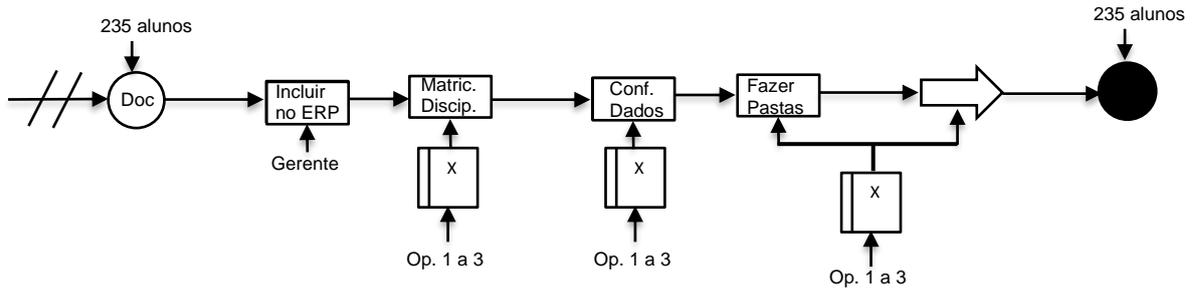
Fonte: A autora

Figura 8 - IDEF-SIM do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 9 - IDEF-SIM do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo

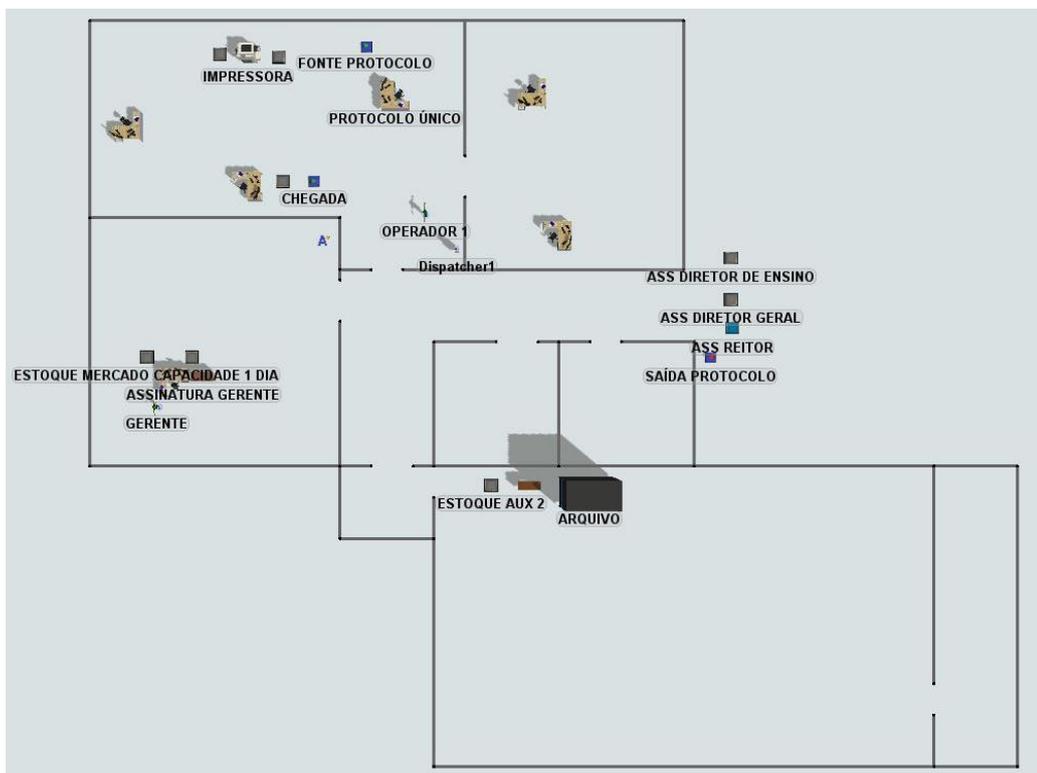


Fonte: A autora

Os desenhos dos mapas dos estados atuais, Figuras 4, 5 e 6, bem como os IDEF-SIM equivalentes, Figuras 7, 8 e 9, representam, por si, uma forma de documentação dos modelos conceituais.

A partir dos IDEF-SIM dos estados atuais, os modelos computacionais atuais foram construídos no *software* Flexsim®, onde o *layout* do setor foi reproduzido a partir de sua planta baixa, e os turnos de trabalho de cada operador em conformidade com seus cargos e atribuições foram informados. A Figura 10 apresenta um “*print*” da tela do Flexsim® com o *layout* modelado correspondente ao sistema real.

Figura 10 - Representação do *layout* modelado a partir do sistema real



Fonte: A autora

Para a construção do primeiro modelo computacional do estado atual, o de Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, a demanda de emissão de 134 históricos do final do período de 2019 foi definida como entrada para a simulação do processo. Também foram definidos os fluxos de atividades e quando estas deveriam acontecer, bem como quais operadores as executariam. Para esse modelo, os deslocamentos físicos de operadores são: entre a mesa do operador e a impressora, entre a mesa do operador e a mesa da gerente, e entre a mesa do operador e o arquivo. Há também trânsito de informações, que ocorre de modo informatizado.

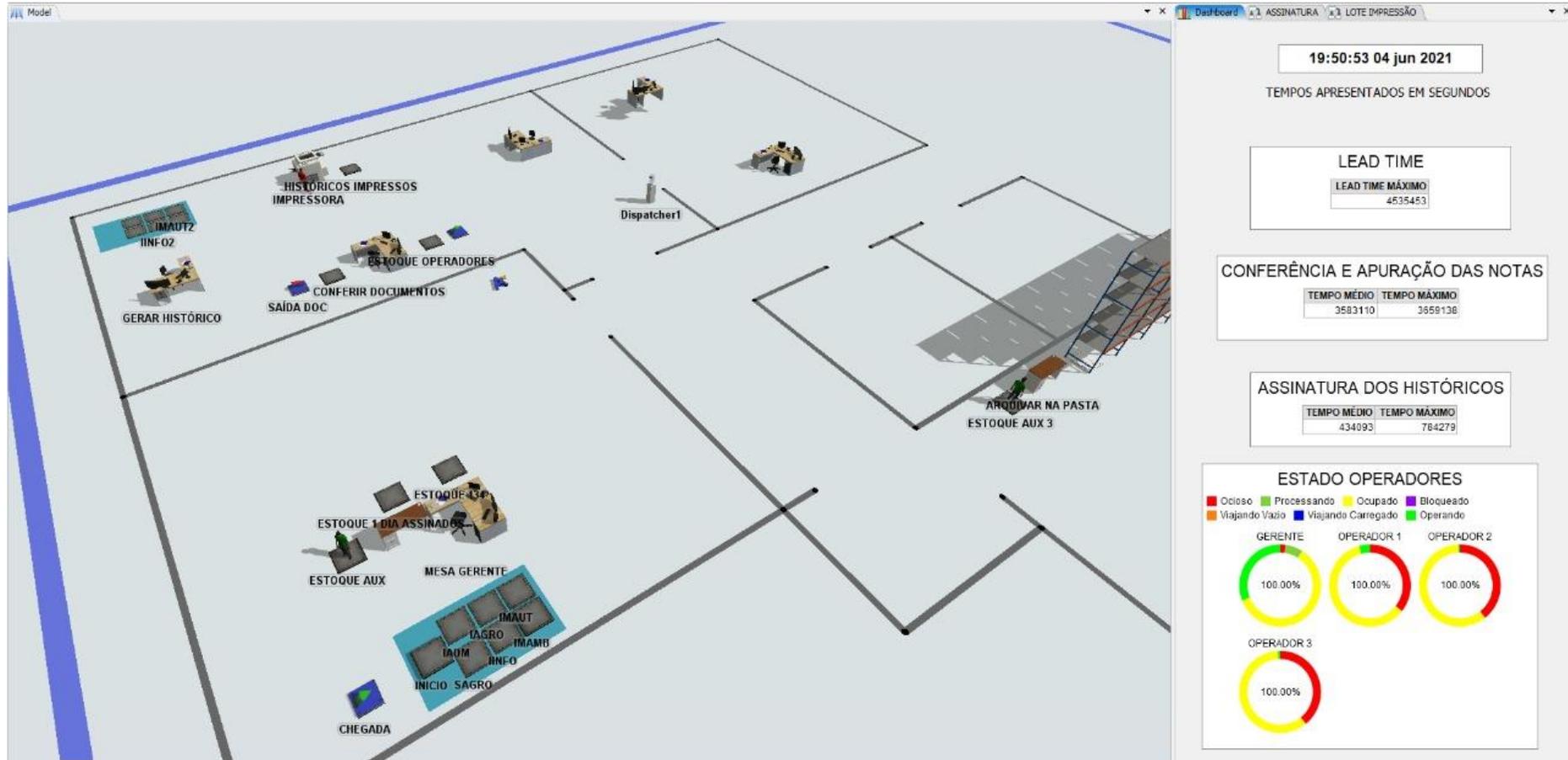
Para a construção do segundo modelo computacional do estado atual, o de Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, a demanda de emissão de 134 diplomas do final do período de 2019 foi definida como entrada para a simulação do processo. Também foram definidos os fluxos de atividades e quando estas deveriam acontecer e quais operadores as executariam. Nesse modelo os deslocamentos físicos de operadores são: entre a mesa do operador e a impressora, entre a mesa do operador e a mesa da gerente, entre a mesa do operador e a Diretoria de Ensino, entre a mesa do operador e a Diretoria Geral, e entre a mesa do operador e o arquivo. Há também trânsito de informações, que ocorre de modo informatizado.

Para a construção do terceiro e último modelo computacional do estado atual, o de Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, foi definida como entrada o número de aprovados no processo, um total de 235 alunos. Também foram definidos os fluxos de atividades e quando estas deveriam acontecer e quais operadores as executariam. Nesse modelo não houve deslocamentos referentes a primeira, segunda e terceira atividades, pois elas são realizadas no ERP. A quarta atividade até o presente momento ainda não foi realizada, mas baseado na experiência dos operadores, para que ela aconteça, o operador deve deslocar-se de sua mesa até o arquivo onde são armazenados os materiais de escritório.

Para os três modelos computacionais dos estados atuais, os tempos de ciclo determinísticos dos mapas dos estados atuais foram substituídos pelas distribuições de probabilidades indicadas pelo processo de *Fitting* automático do ExpertFit® do FlexSim®.

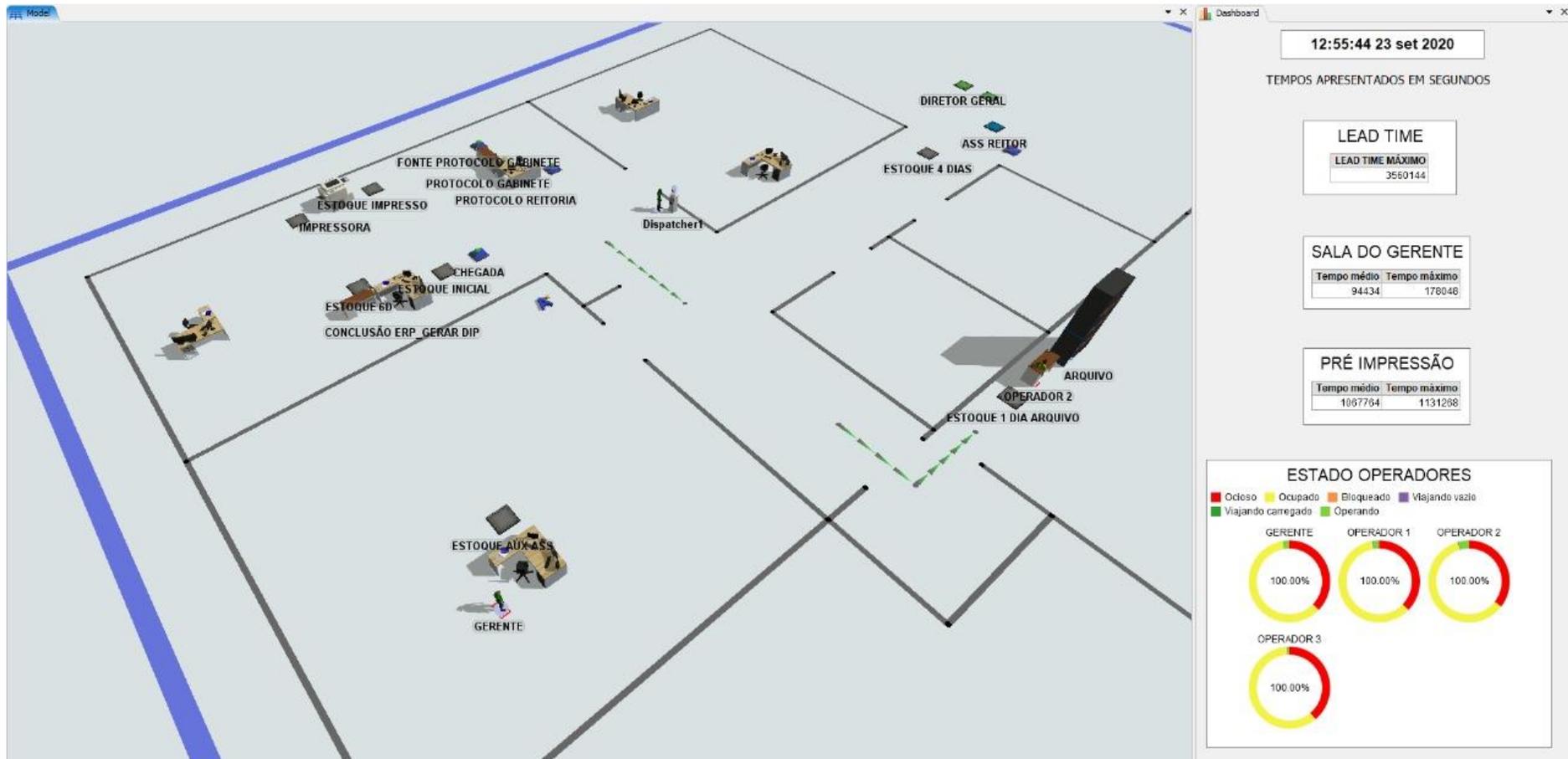
As Figuras 11, 12 e 13 mostram, respectivamente, reproduções da tela do Flexsim® dos modelos computacionais dos estados atuais da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo com os principais indicadores.

Figura 11 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



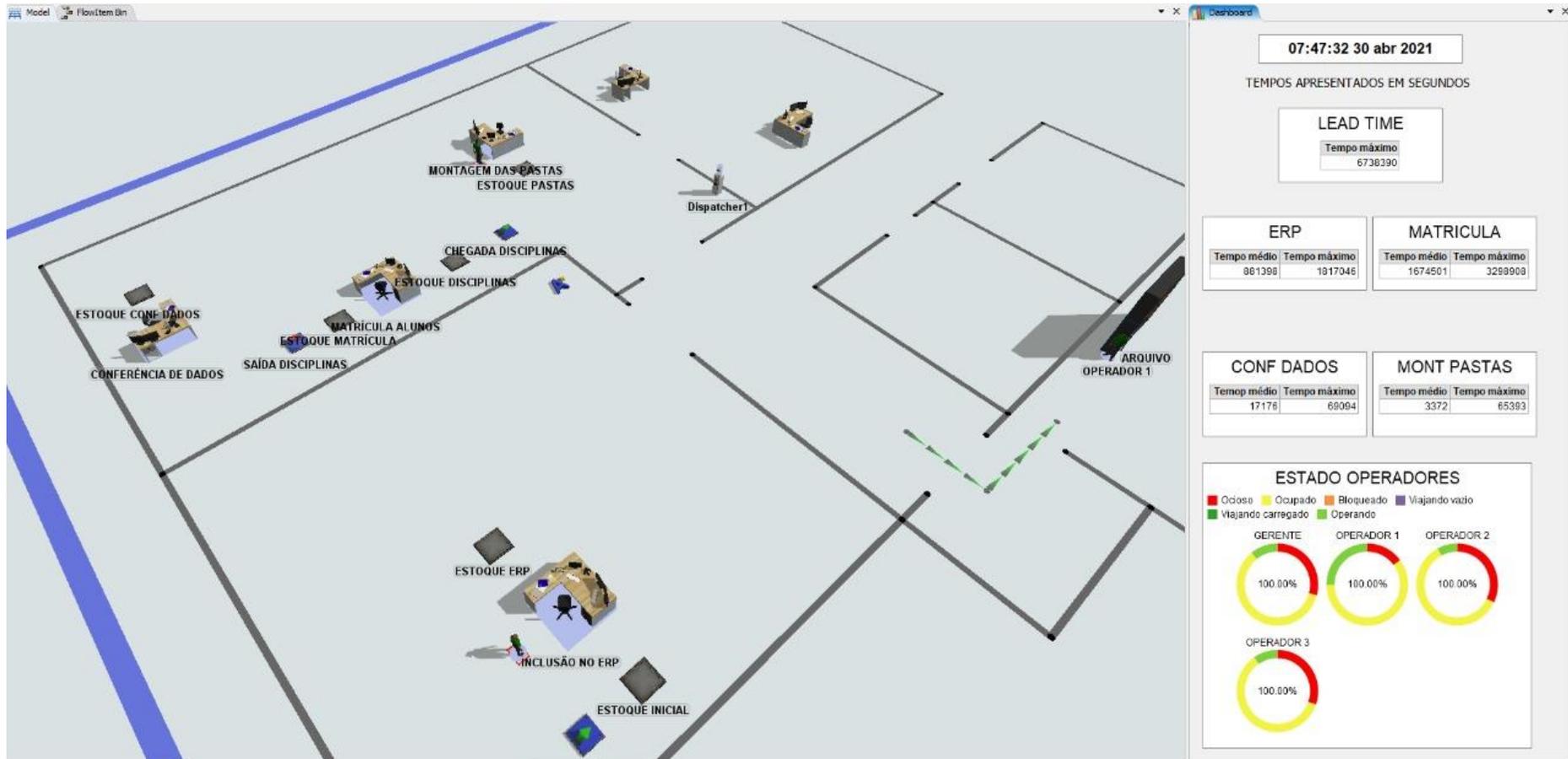
Fonte: A autora

Figura 12 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 13 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

A verificação dos modelos computacionais se deu, inicialmente, executando-se a simulação e monitorando de perto a sua operação (BATEMAN *et al.*, 2013), e, posteriormente, por meio da técnica de implementação e verificação modular, que consiste em implementar e rodar os modelos por partes, identificando e corrigindo os erros à medida que os mesmos são identificados (LAW, 2015; CHWIF; MEDINA, 2014; BATEMAN *et al.*, 2013).

Na modelagem dos dados de entrada foram utilizados dados estocásticos e foram feitos os tratamentos estatísticos por meio do *software* Expert Fit®, integrado ao software de simulação FlexSim®. Por meio do Expert Fit®, foram realizados os processos de *Fitting* automáticos, os quais indicaram quais eram as distribuições de probabilidades que melhor se ajustavam a cada conjunto de dados. Em seguida, os dados determinísticos foram substituídos pelas distribuições de probabilidades indicadas, transformando os modelos de determinísticos em estocásticos.

Baseado em Leal *et al.* (2011), todos os modelos computacionais dos estados atuais foram submetidos às mesmas condições do sistema real e foram programados para simular os processos gerando as mesmas saídas apresentadas nos mapas. Na sequência foram realizados testes de normalidade para os modelos simulados dos estados atuais e testes *1-sample t* para validar os modelos pelas suas médias de *Lead Time*, no software Minitab®.

O teste de normalidade para os dados do modelo computacional do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo apresentou um *p-value* de 0,289, maior que o nível de significância de 0,05, sendo aceita assim a normalidade, uma vez que não há evidências estatísticas para refutar a hipótese nula de normalidade.

Os testes de normalidade para os modelos computacionais dos estados atuais da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo apresentaram, respectivamente, *p-values* com valores <0,005 e 0,036, não sendo aceitas suas normalidades por serem menores que o nível de significância 0,05.

Embora os dados da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo tenham apresentado evidências estatísticas que permitam refutar a hipótese nula de normalidade, optou-se, assim mesmo, por se utilizar testes *1-sample t* aos dados de todos os três modelos, mesmo para aqueles que não atenderam à hipótese nula de normalidade. A aplicação justifica-se pelo fato de que os testes paramétricos podem funcionar bem com distribuições distorcidas e não normais, desde que o tamanho amostral seja maior do que 20 (SUPORTE MINITAB, 2019), algo que foi obedecido para todos os dados, e pelo fato de que, baseado na Teoria Central do Limite, a distribuição da média de

dados de qualquer distribuição se aproxima da distribuição normal conforme o tamanho amostral aumenta (SUPORTE MINITAB, 2018).

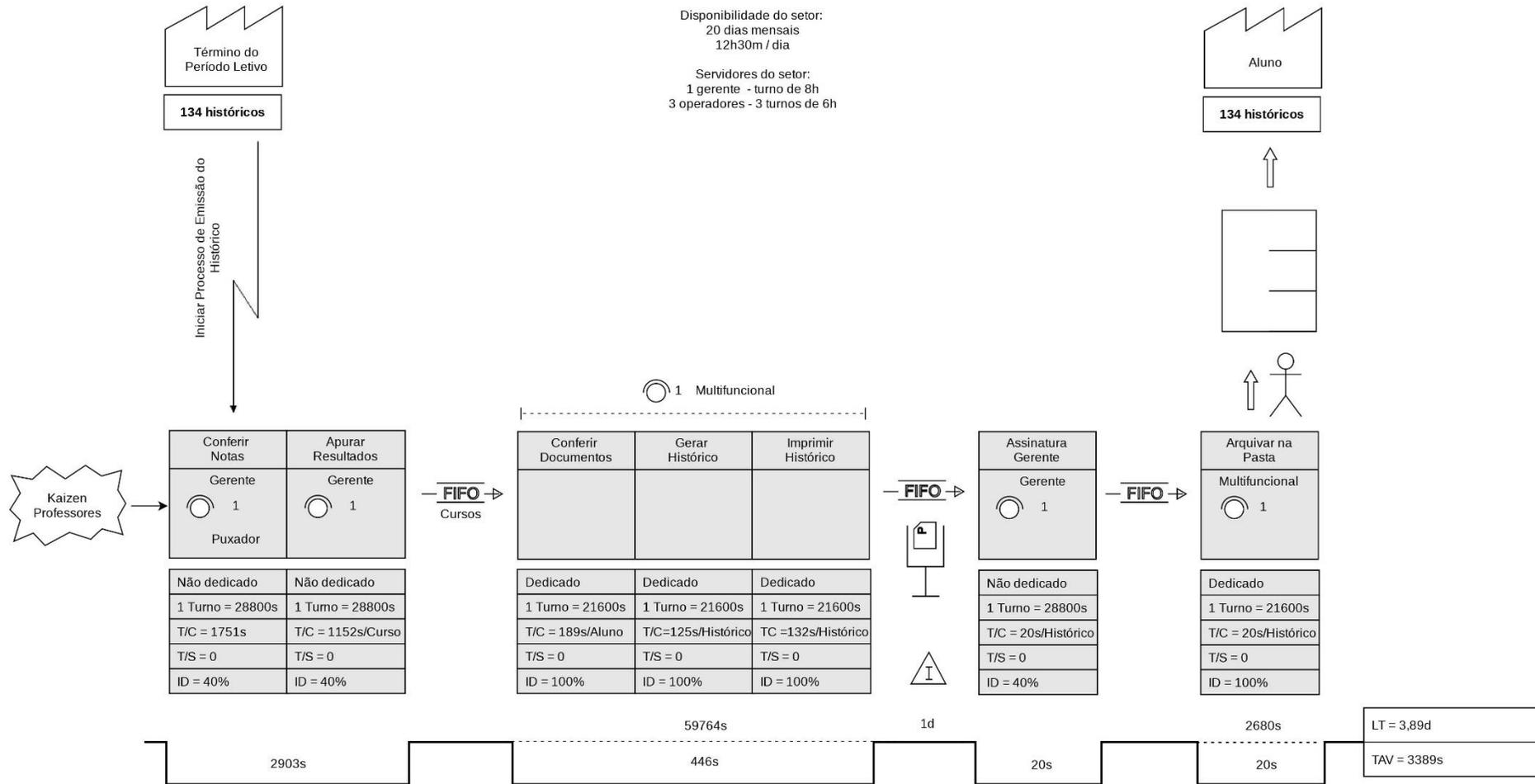
Como os *p-values* foram maiores que o nível de significância 0,05, não há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de igualdade e, desse modo, os modelos computacionais dos estados atuais foram validados. Assim, os modelos computacionais validados correspondem aos modelos operacionais (reais) dos estados atuais, sendo a base para a construção dos modelos computacionais dos estados futuros baseados nas melhorias propostas na construção dos mapas dos estados futuros. Com isso, será possível não só visualizar antecipadamente o funcionamento esperado dos sistemas reais, como, principalmente, os resultados esperados quando tais sistemas forem submetidos às melhorias propostas, o que contribuirá para a diminuição da resistência à implementação dos conceitos e ferramentas enxutas nesses objetos reais.

A partir dos mapas dos estados atuais, os mapas dos estados futuros da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo e Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo foram construídos implementando-se os conceitos enxutos apresentando, respectivamente, *Lead Times* de 3,89 dias, 24,05 dias e 30 dias.

Para eliminar as causas-raiz dos desperdícios identificados durante a construção dos mapas dos estados atuais da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, o mapa do estado futuro propõe: eventos *kaizen* junto à Diretora de Ensino, professores, Gestão de Pessoas e Gerência do Setor para eliminar o desperdício de espera; colocar uma canaleta FIFO para eliminar o desperdício de estoque; e reforçar junto à equipe responsável pelo ERP as consequências que erros nesse sistema trazem. As atividades realizadas pela Gerente não sofrerão alterações na disponibilidade, pois esta tem outras tarefas que são inerentes ao cargo de Gerente. Quanto as demais atividades, diferentemente do mapa do estado atual, onde quaisquer dos operadores recebiam e realizavam as atividades do processo, no mapa do estado futuro somente um operador será dedicado a realização dessas atividades.

O TAV não sofreu alterações, pois este é um tempo de execução do ERP, enquanto o *Lead Time* passou de 53,71 para 3,89 dias, uma redução de 49,82 dias ou 92,8%. Essa redução será possível com a realização de *kaizens* junto aos professores e a Gerência do setor. A maior parte do *Lead Time* atual de 53,71 dias é devido às atividades Conferir Notas (34 dias) e Apurar Resultados (8 dias), pois os professores não lançam as notas no tempo previsto e, com o não lançamento das notas, a Apuração de Resultados é prejudicada e o processo de emissão dos históricos fica parado. A Figura 14 apresenta o mapa do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo.

Figura 14 - MVF do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

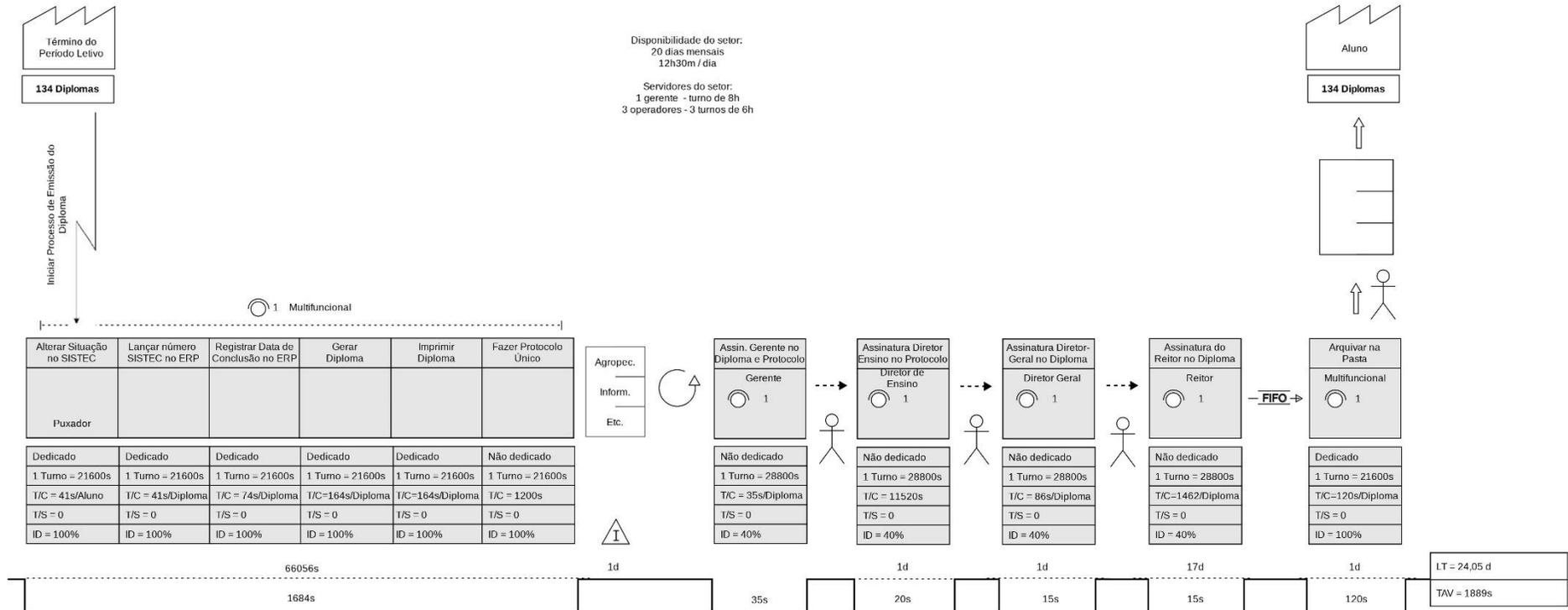
Para eliminar desperdícios identificados durante a construção do mapa do estado atual da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, o mapa do estado futuro propõe: eliminação do protocolo para o Gabinete do Diretor Geral, sendo então expedido um protocolo único que servirá tanto ao Gabinete do Diretor-Geral quanto à Reitoria, eliminando assim os desperdícios de superprodução, de processamento, de transporte e de movimentação; *kaizen* junto à Diretora Geral e à Gerência do setor para eliminar o desperdício de espera; criação de um célula de trabalho para que todas as atividades realizadas pelo operador do setor sejam realizadas de uma só vez, estabelecendo-se um fluxo contínuo (e unitário) entre as atividades, implementação de um supermercado e canaleta FIFO entre atividades para eliminar o desperdício de estoque.

As atividades realizadas pela Gerente, pelo Diretor-Geral e pelo Reitor não sofrerão alterações na disponibilidade, pois estes têm outras tarefas que são inerentes aos cargos que ocupam. Quanto às demais atividades, diferentemente do mapa do estado atual, onde quaisquer dos operadores recebiam e realizavam as atividades do processo, no mapa do estado futuro somente um operador será dedicado a realização dessas atividades.

Com a eliminação de atividades, o TAV sofreu uma redução de 660 segundos, enquanto o *Lead Time* passou de 43,76 dias para 24,05 dias, uma redução de 19,71 dias ou 45,0%.

A Figura 15 apresenta o MVF do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo.

Figura 15 - MVF do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Para eliminar desperdícios identificados durante a construção do mapa do estado atual da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, o mapa do estado futuro propõe: planejamento junto à Diretoria de Administração do Campus para aquisição de materiais na quantidade certa e na bora certa para fazer as pastas, eliminando assim o desperdício de espera; verificar junto à TI do *Campus*/Reitoria a possibilidade de ajustar o sistema de inscrição no processo seletivo para que os campos de inserção de dados aceitem apenas dados no formato exigido para aquela informação/documento, diminuindo assim o desperdício de desconformidade com correções.

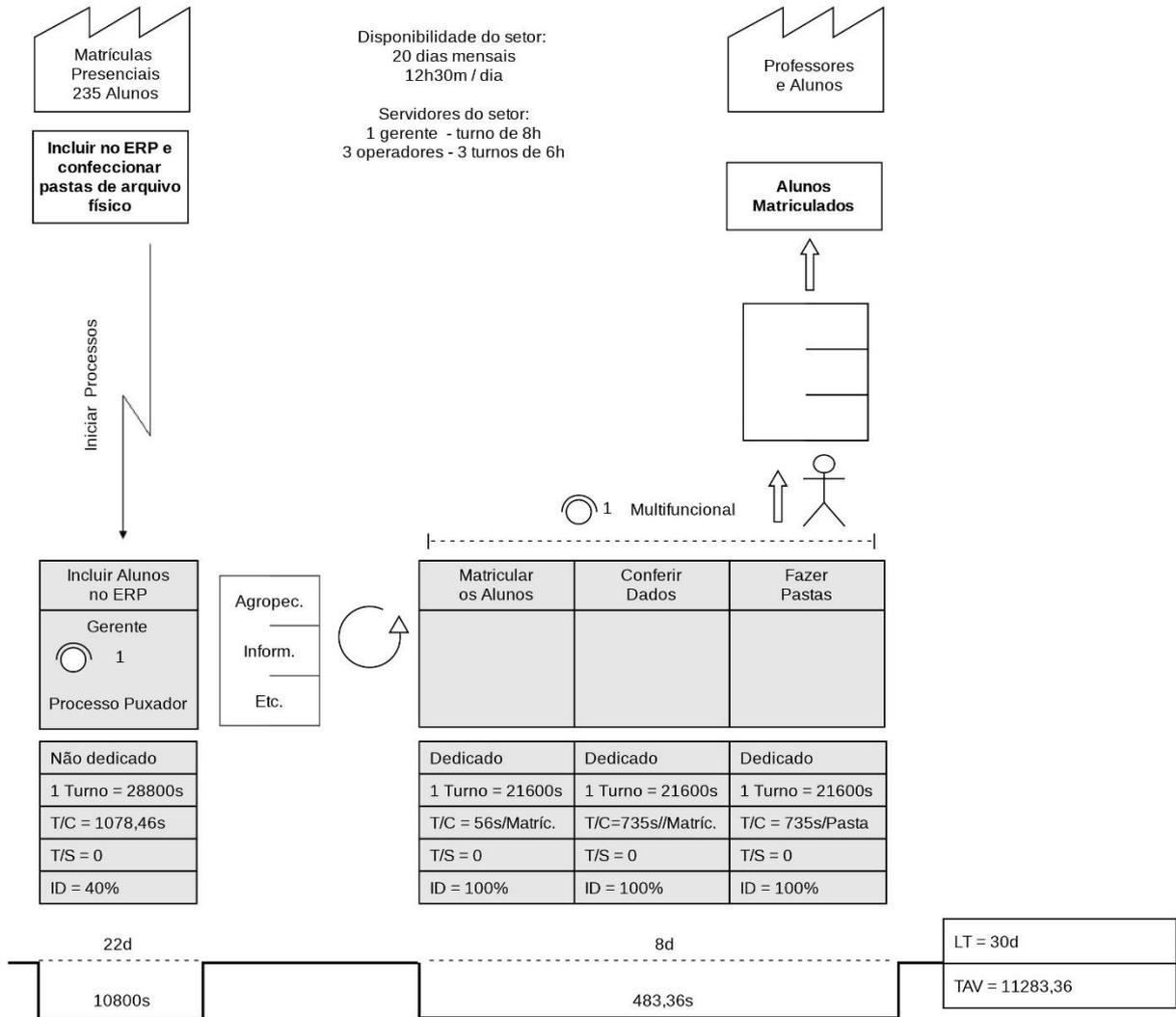
Este processo depende do Edital de Processo Seletivo realizado para todo o IFMG e deve ser realizado nas datas conforme determinam os Editais do Processo Seletivo, mas com a eliminação dos desperdícios dos processos de Emissão de Históricos e Diplomas ao Final do Período Letivo, que deverão estar finalizados antes do início deste processo, os operadores dedicarão seu tempo a sua execução e ao processo de matrícula presencial (que literalmente interrompe todas as atividades do setor).

As atividades realizadas pela Gerente não sofrerão alterações na disponibilidade, pois esta possui outras tarefas que são inerentes ao cargo de Gerente. Quanto as demais atividades, diferentemente do MFV do estado atual onde quaisquer dos operadores recebe e realiza as atividades do processo, no MFV do estado futuro apenas um operador será dedicado a realização dessas atividades.

O TAV não sofreu alterações, pois as atividades desse processo foram mantidas, enquanto o *Lead Time* passou de 77 dias para 30 dias, uma redução de 47 dias ou 61,0%.

A Figura 16 apresenta o mapa do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo.

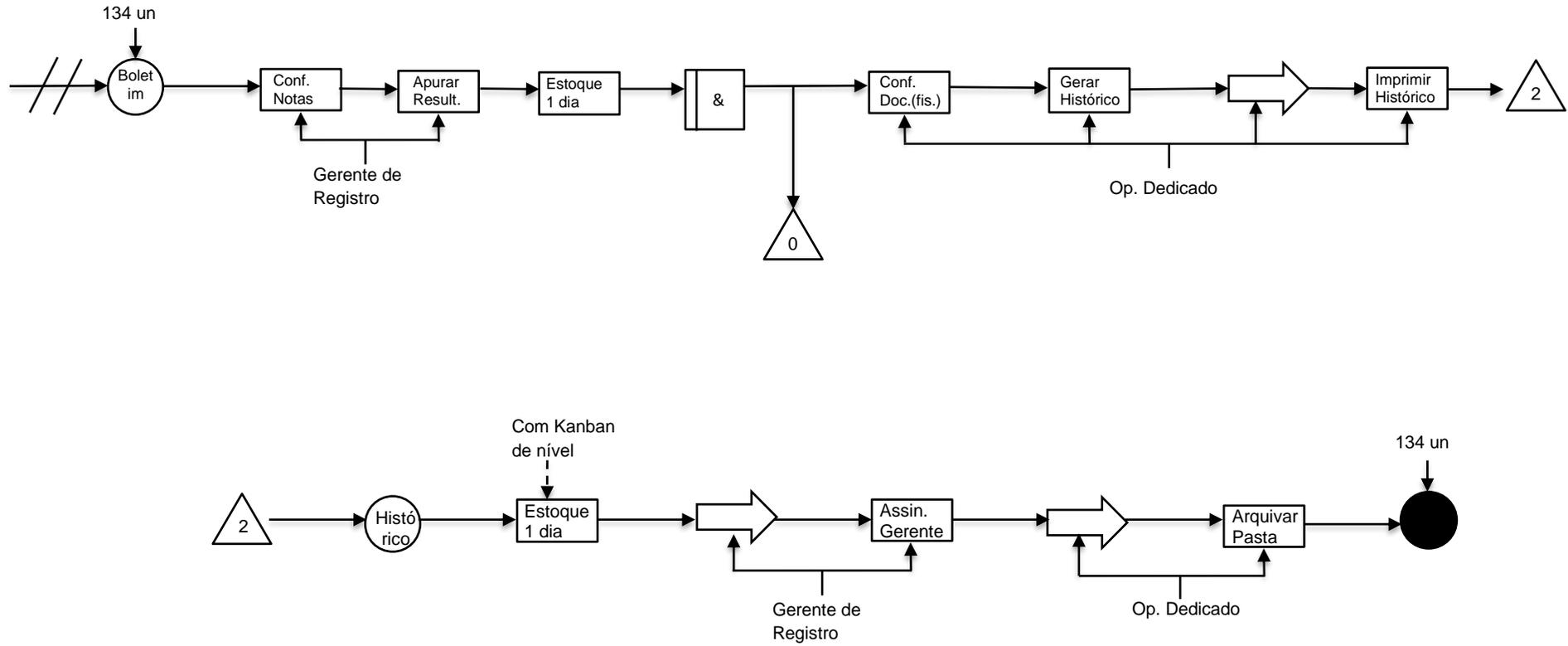
Figura 16 - MVF do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

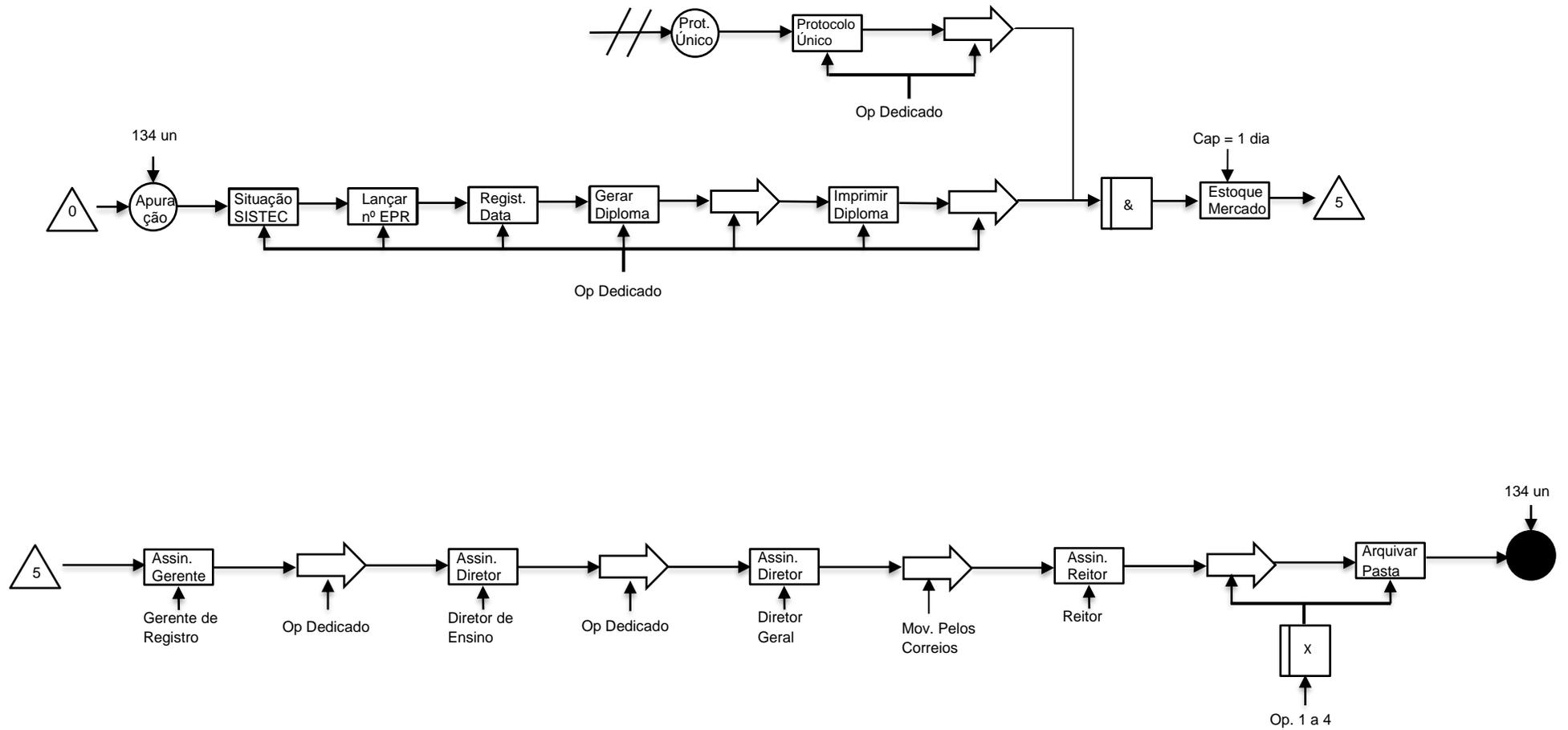
Após o desenho dos mapas dos estados futuros, esses foram convertidos em IDEF-SIM futuros (Figuras 17, 18 e 19)

Figura 17 - IDEF-SIM do estado futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



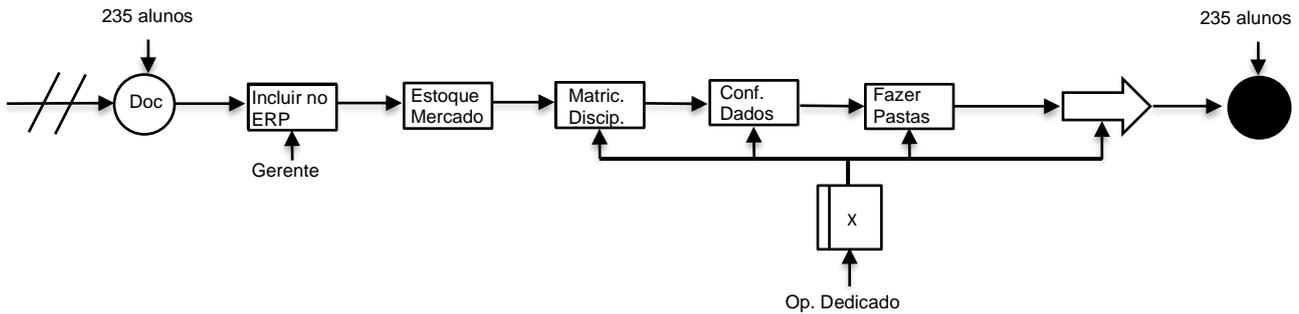
Fonte: A autora

Figura 18 - IDEF-SIM do estado futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 19 - IDEF-SIM do estado futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

A partir da construção dos IDEF-SIM futuros, os modelos computacionais dos estados futuros foram construídos no *software* Flexsim®. É importante destacar que as entradas dos modelos futuros se mantiveram em relação aos modelos computacionais atuais e que essa fase de construção dos modelos computacionais dos estados futuros abrange também a fase de Definição e Execução dos Experimentos.

No processo Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo foram realizadas as seguintes alterações:

- criação de uma célula (célula 01) com as atividades Conferir Notas e Apurar Resultados realizadas pela gerente, sem alteração da disponibilidade da mesma em virtude de outras tarefas pertinentes ao cargo ocupado;
- criação de uma célula (célula 02) com as atividades realizadas por um operador dedicado (Conferir Documentos, Gerar Histórico e Imprimir Histórico);
- implementação de duas canaletas FIFO após as células 01 e 02, e entre as atividades Assinatura Gerente e Arquivar na Pasta, com a finalidade de armazenar somente uma quantidade limitada de estoque, mantendo o fluxo das atividades.

No processo Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo foram realizadas as seguintes alterações:

- criação de uma célula com todos os processos que acontecem no setor com um operador dedicado, eliminando assim os estoques;
- implementação de um supermercado após a célula, para a organização dos diplomas que são impressos em lotes por curso;
- criação da atividade Fazer Protocolo Único;
- eliminar as atividades Protocolo para Reitoria e Protocolo para Diretoria Geral;

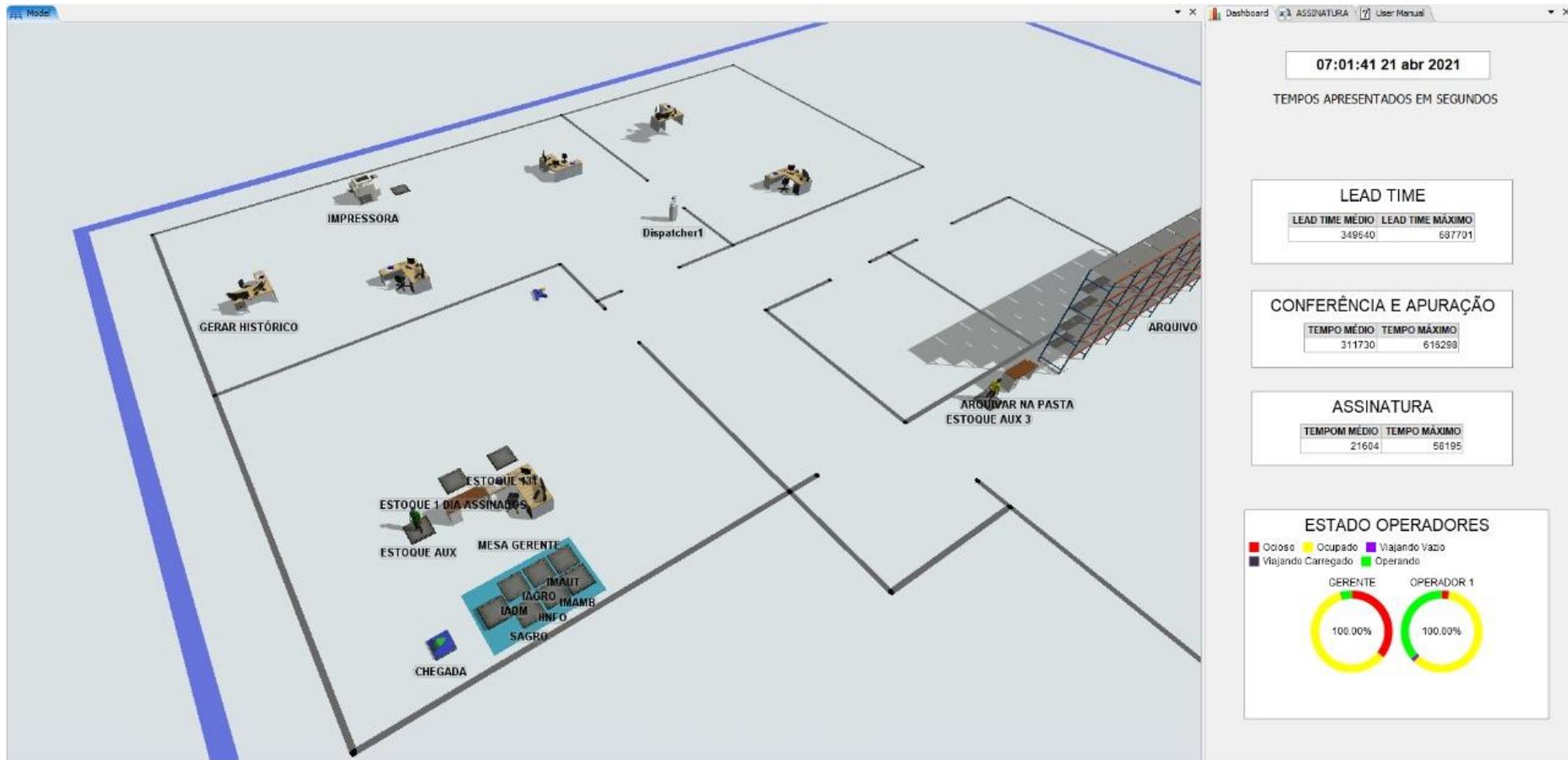
- implementação de uma canaleta FIFO antes da atividade Arquivar na Pasta mantendo o fluxo das atividades.

No processo Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo foram realizadas as seguintes alterações:

- criação de uma célula com as atividades Matricular Alunos, Conferir Dados e Fazer Pasta, com um operador dedicado;
- implementação de um estoque de supermercado após a atividade Incluir Alunos no ERP pois as atividades da célula acontecem por curso.

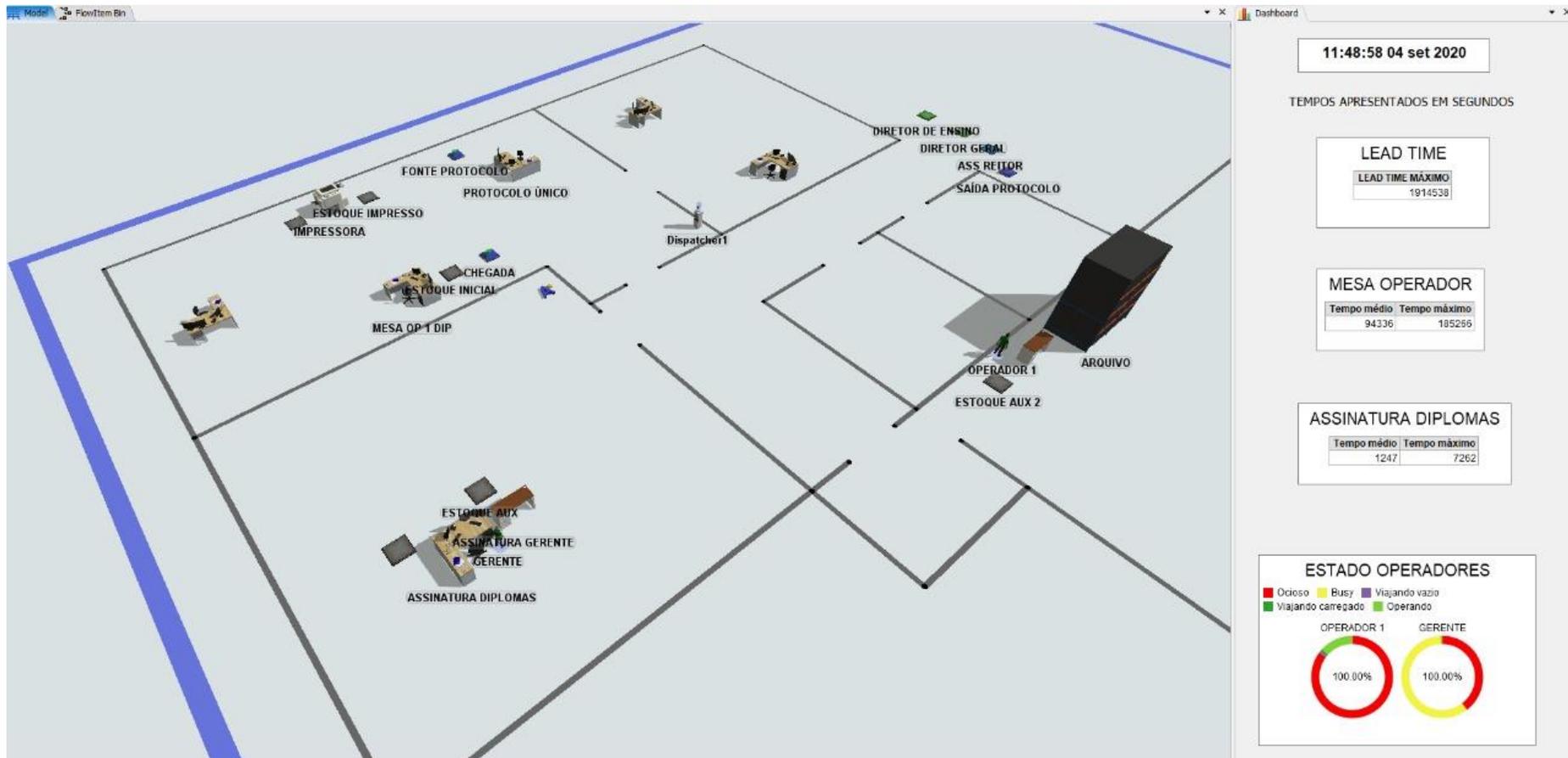
As Figuras 20, 21 e 22 reproduzem as telas do FlexSim® do modelo computacional dos estados futuros da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo, da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo, e da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo, respectivamente, com os principais indicadores.

Figura 20 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo



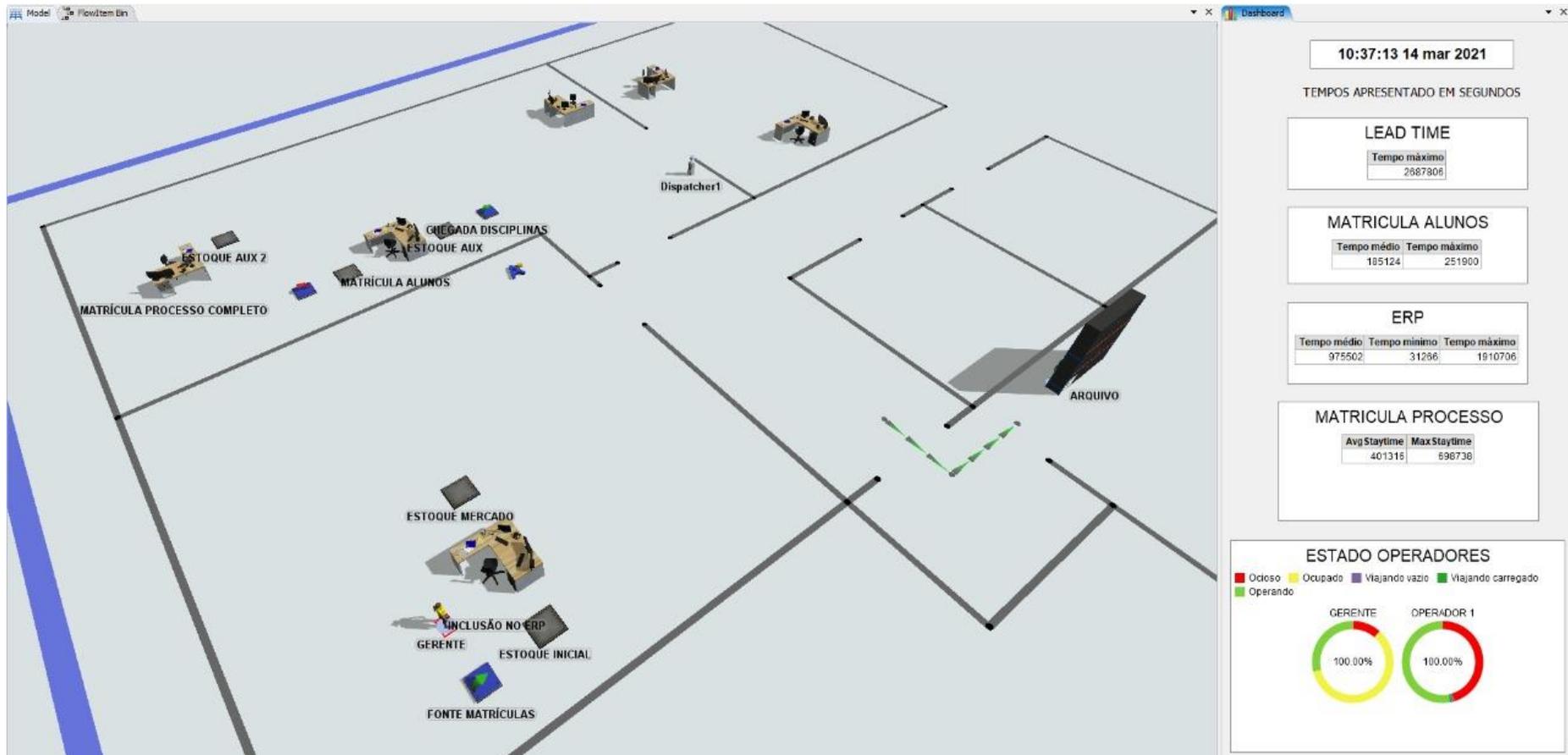
Fonte: A autora

Figura 21 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo



Fonte: A autora

Figura 22 - Reprodução da tela do Flexsim® do modelo computacional futuro da Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo



Fonte: A autora

Como o objetivo geral desta pesquisa está restrito à utilização da SED para avaliar antecipadamente os resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto, não se estendendo à aplicação efetiva desses conceitos, somente serão apresentadas, simuladas e avaliadas as propostas de melhorias, ficando a implementação das mesmas como propostas para trabalhos futuros, mesmo porque, neste momento de pandemia da COVID-19, a implementação *in-loco* se faz impossível.

A análise estatística dos experimentos foi realizada por meio do *software* Minitab®, a partir dos resultados obtidos nesses experimentos. Como os modelos computacionais dos estados futuros são cenários idealizados, assumiu-se a normalidade de seus dados. Foram então aplicados testes *1-sample t* aos dados dos três modelos computacionais futuros para validar esses modelos pelas suas médias de *Lead Time*.

A Tabela 4 mostra um comparativo das médias dos *Lead Times* dos três modelos dos estados atuais com as médias dos três modelos dos estados futuros obtidos nos testes *1-sample t* aplicados aos dados dos modelos computacionais atuais com os resultados dos testes *1-sample t* aplicados aos dados dos modelos computacionais futuros.

Tabela 4 - Comparativo das médias dos *Lead Times* dos modelos computacionais atuais e futuros validados

Modelo	Média atual (dias)	Média futura (dias)	Diferença (dias)	Diferença (%)
Emissão de Históricos ao Final do Período Letivo	53,529	3,5027	50,0263	93,5
Emissão de Diplomas ao Final do Período Letivo	43,047	22,646	20,401	47,4
Matrícula Inicial dos Aprovados no Processo Seletivo	77,088	31,1895	45,8985	59,6

Fonte: A autora

É possível observar uma significativa diferença entre as médias dos *Lead Times* dos modelos atuais e futuros (93,5%, 47,4% e 59,6%, respectivamente, e apenas ligeiramente diferente de quando a base de comparação são os mapas estáticos do MFV), comprovando assim, por meio da Simulação a Eventos Discretos, que a aplicação dos conceitos e ferramentas enxutas à Gerência de Registros Escolares de Cursos Técnicos e Ensino médio pode reduzir os *Lead Times* dos processos das famílias selecionadas para esta pesquisa.

3 CONCLUSÃO

Este trabalho consistiu em analisar a aplicação da SED na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos de uma Instituição Federal de Ensino Superior.

Ao integrar o Pensamento Enxuto, por meio da técnica do MFV, ao método de Modelagem e Simulação, por meio da SED, foi possível simular os mapas dos estados atuais e futuros das famílias de serviços selecionadas para esta pesquisa e, principalmente, visualizar antecipadamente os comportamentos e os resultados esperados pelas implantações das melhorias e ferramentas enxutas aos objetos de estudos reais, sem interferências diretas nos mesmos, que invariavelmente demandam paradas e perdas.

Os resultados apontam para reduções significativas dos *Lead Times* dos processos mapeados e simulados, reduções essas alcançadas por meio da eliminação dos desperdícios encontrados durante o Mapeamento de Fluxo de Valor dos estados atuais.

Após a análise dos resultados e considerando o objetivo geral deste trabalho, que está restrito a utilização da SED na avaliação dos resultados esperados pela proposta de implementação do pensamento enxuto nos ambientes administrativos, a aplicação *in-loco* da pesquisa fica como proposta natural para trabalhos futuros, assim como, a coleta de um volume maior de dados, para que todos os conjuntos atendam à hipótese de normalidade.

REFERÊNCIAS

ANTONY, J.; RODGERS, B.; GIJO, E. V. Can Lean Six Sigma make UK public sector organisations more efficient and effective? **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 7, p. 995-1002, 2016.

BANKS, J., CARSON, John S.; NELSON, Barry L.; NICOL, David M. **Discrete-Event System Simulation**. 5th. ed. [s.l.] Pearson, 2010.

BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. O.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; MONTEVECHI, J. A. B. **Simulação de sistemas**: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CHWIF, Leonardo; MEDINA, Afonso C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Ed. do Autor, 2014.

LAW, A. **Simulation Modeling and Analysis**. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 4.ed. Nova York: McGrawHill, 2007.

LEAL, F.; COSTA, R. F. S.; MONTEVECCHI, J. A. B.; ALMEIDA, D. A. A.; MARINS, F. A. A. A Practical guide for operational validation of discrete simulation models. **Pesquisa Operacional**, v. 31, p 57-77, 2011.

LUKRAFKA, T. O.; SILVA, D. S.; ECHEVESTE, M. A geographic picture of Lean adoption in the public sector: cases, approaches, and a refreshed agenda. **European Management Journal**, v. 38, n. 3, p. 506-517, 2020.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Bookman, 1997.

ROBINSON, S.; RADNOR, Z. J, BURGESS, N.; WORTHINGTON, C. SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 219, p. 188–197, 2012.

RODGERS, B.; ANTONY, J. Lean and Six Sigma practices in the public sector: a review. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 36, n. 3, p. 437-455, 2019.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SANTOS, Gabriele Lacerda. **Proposta de uso integrado entre o Mapeamento do Fluxo de Valor e a Simulação a Eventos Discretos em uma fábrica de laticínios**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2016.

SUPORTE MINITAB. Minitab: Versão 19. Minitab®, 2019. Disponível em: <https://blog.minitab.com/pt/como-escolher-entre-um-teste-nao-parametrico-e-um-teste-parametrico>. Acesso em 11 mai. 2021.

SUPORTE MINITAB. Minitab: Versão 18. Minitab®, 2018. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/normality/what-to-do-with-nonnormal-data/>. Acesso em: 11 mai. 2021.

TAPPING, Don; SHUKER, Tom. **Value Stream Management for the Lean Office: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements in administrative areas**. New York, USA: Productivity Press, 2003.

URIARTE, Ainhoa Goienetxea; NG, AMOS HC; MORIS, Matías Urenda. Bringing together Lean and simulation: a comprehensive review. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 1, p. 87-117, 2020.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Tradução: Ivo Korytowski. 10. reimp. Rio de Janeiro: Campus, 2004.