

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCIANE CAROLINE DE SOUZA FERREIRA

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO FUNCIONAMENTO DE UMA CASA
DE FARINHA EM UM ASSENTAMENTO RURAL**

MACAÉ

2022

LUCIANE CAROLINE DE SOUZA FERREIRA

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO FUNCIONAMENTO DE UMA CASA DE
FARINHA EM UM ASSENTAMENTO RURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Campus Macaé,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. D.Sc. Camila Rolim Laricchia

MACAÉ

2022

CIP - Catalogação na Publicação

d278s de Souza Ferreira, Luciane Caroline
Simulação computacional do funcionamento de uma casa de farinha em um assentamento rural. / Luciane Caroline de Souza Ferreira. -- Rio de Janeiro, 2022. 84 f.

Orientadora: Camila Rolim Laricchia.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico, Bacharel em Engenharia de Produção, 2022.

1. Simulação de eventos discretos. 2. Casa de farinha. 3. Beneficiamento da mandioca. I. Rolim Laricchia, Camila, orient. II. Título.

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO FUNCIONAMENTO DE UMA CASA DE
FARINHA EM UM ASSENTAMENTO RURAL

Luciane Caroline de Souza Ferreira

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovação da banca examinadora:

Orientadora: Profa. D.Sc. Camila Rolim Laricchia
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Examinador: Prof. Me. Maurício Aguilar Nepomuceno de Oliveira
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Examinadora: Profa. D.Sc. Milena Estanislau Diniz Mansur dos Reis
Universidade Federal do Rio de Janeiro

MACAÉ

2022

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, gostaria de agradecer a Deus, pelo cuidado e pela força durante toda essa etapa.

Ao meus pais, Paulo e Luzimar, obrigada por me permitirem voar e por não medirem esforços por mim. Aos meus irmãos, Pablo e Tiago, por todo suporte e por serem inspiração para mim. A minhas cunhadas, Rosi e Aline, pelos conselhos. A minhas sobrinhas, Júlia e Alice, pelos sorrisos, pelos abraços e por cada momento de descontração. Sem vocês seria impossível.

Aos meus amigos, que estiveram comigo durante toda essa jornada, obrigada por cada conversa, por cada risada e por sempre terem acreditado em mim. Ao Erick, agradeço por ter permanecido, por ser meu melhor amigo e meu ponto de equilíbrio.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e colaboradores(as), obrigada por terem me proporcionado um ensino gratuito e de qualidade. Aos projetos que pude fazer parte, agradeço por terem me desenvolvido tanto pessoalmente como profissionalmente. Em especial, ao Laboratório Interdisciplinar de Tecnologia Social (LITS) e cada um dos integrantes, por toda troca e parceria no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores(as) de engenharia, obrigada por terem compartilhado muito mais que conhecimento acadêmico. Á minha orientadora Camila, pelo apoio, pela dedicação e paciência, você me fez conhecer o lado da engenharia que mais me encanta e que motivou essa pesquisa. Aos professores(as) que aceitaram participar da banca examinadora, agradeço pela atenção e disponibilidade, vocês foram essenciais para minha trajetória.

Aos companheiros(as) do assentamento Osvaldo de Oliveira, obrigada pela confiança e por terem me ensinado tanto. Compartilhamos momentos que eu irei me recordar para sempre.

RESUMO

Presentes ao redor do Brasil, as casas de produção de farinha representam uma forma de convivência, geração de renda e soberania alimentar para muitas famílias no meio rural. O maquinário básico que pode compor uma casa de farinha é a prensa, a trituradora de mandioca e o forno. Este trabalho é resultado de um projeto de construção de uma casa de farinha no assentamento rural Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Osvaldo de Oliveira, localizado em Macaé. O projeto da farinheira, desenvolvido a partir de um projeto de extensão universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o Laboratório Interdisciplinar de Tecnologia Social (LITS), em parceria com o PDS Osvaldo de Oliveira, criou uma possibilidade do assentamento produzir farinha em um espaço próprio, ampliando o escoamento da mandioca ali produzida. Desse modo, o objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo computacional de simulação para mapear e analisar as etapas do processo produtivo de farinha no assentamento, utilizando o *software* Arena. A modelagem e simulação de eventos discretos auxilia no planejamento e tomada de decisão, visto que, permite o detalhamento de todo processo de beneficiamento. O modelo foi desenvolvido antes da conclusão da casa de farinha e seus maquinários, por isso foram utilizados dados obtidos de especificações técnicas de máquinas encontradas no mercado. Os resultados encontrados foram quantificação dos resíduos gerados, identificação das principais saídas, do *leadtime* para produção, do tamanho das filas formadas e dos potenciais gargalos do processo. Isso evidencia a funcionalidade da ferramenta para análise do sistema e o auxílio na tomada de decisão na gestão do processo produtivo. Ainda, devido sua flexibilidade, permite que fatores sejam facilmente ajustados para aplicação em farinheiras similares.

Palavras-chave: Simulação de eventos discretos, casa de farinha, beneficiamento da mandioca.

ABSTRACT

Present throughout Brazil, cassava flour production houses represent a form of coexistence, income generation and food sovereignty for many families in rural areas. The basic machinery that can compose a cassava flour house is the presser machine, the cassava crusher and the oven. This work is the result of a project to build a cassava flour house in the Osvaldo de Oliveira rural settlement, located in Macaé. The flour house project, developed from a university extension project at the Federal University of Rio de Janeiro, the Interdisciplinary Laboratory of Social Technology, in partnership with the rural settlement, created a possibility for the settlement to produce cassava flour in its own space, expanding the flow of cassava produced there. Thus, the objective of this research is to develop a computer simulation model to map and analyze the stages of the flour production process in the settlement, using the Arena software. The modeling and simulation of discrete events helps in planning and decision making, since it allows the detailing of the entire production process. The model was developed before the completion of the cassava flour house and its machinery, so data obtained from technical specifications of machines found on the market were used. The results found were the quantification of waste generated, identification of the main outputs, the lead time for production, the size of the queues formed and the potential bottlenecks of the process. This evidences the functionality of the tool for analyzing the system and aiding in decision-making in the management of the production process. Also, due to its flexibility, allows its factors to be easily adjusted for application in similar cassava flour house.

Key-words: Discrete event simulation, cassava flour house, cassava processing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Etapas básicas do processamento.....	17
Figura 2 – Lavador-descascador.....	19
Figura 3 – Ralador elétrico.....	20
Figura 4 – Prensa manual.....	21
Figura 5 – Prensa hidráulica.....	21
Figura 6 – Esfarelador.....	22
Figura 7 – Forno mecanizado.....	22
Figura 8 – Elementos básicos das filas.....	24
Figura 9 – Distribuição de Poisson.....	25
Figura 10 – Distribuição Exponencial Negativa.....	26
Figura 11 – Princípios básicos da modelagem de sistemas.....	31
Figura 12 – Eventos contínuos vs. discretos.....	32
Figura 13 – Ciclo de vida de um modelo de simulação.....	33
Figura 14 – Passos de um estudo de simulação.....	37
Figura 15 – Primeira visita ao assentamento.....	39
Figura 16 – Planejamento da trituradora.....	40
Figura 17 – Preparação do terreno para a construção da casa.....	40
Figura 18 – Construção do protótipo da trituradora.....	41
Figura 19 – Visita à farinheira da Dona Preta.....	41
Figura 20 – Mutirão de inauguração da casa de farinha.....	42
Figura 21 – Forno manual da farinheira.....	43
Figura 22 – Ambiente de trabalho do Arena 16.0.....	48
Figura 23 – Edição do módulo Create.....	50
Figura 24 – Ambiente de trabalho do Visual Designer.....	50
Figura 25 – Modelo conceitual: Início do processo de beneficiamento.....	54
Figura 26 – Modelo conceitual: Lavagem e trituração.....	55
Figura 27 – Modelo conceitual: Prensagem e peneiramento.....	55
Figura 28 – Modelo conceitual: Fim do processo de beneficiamento.....	56
Figura 29 – Configuração do módulo Create.....	58
Figura 30 – Configuração dos módulos Leave e Station.....	58
Figura 31 – Configuração dos módulos Batch e Adjustable Batch.....	59

Figura 32 – Configuração do módulo Separate	60
Figura 33 – Configuração do módulo Process.....	61
Figura 34 – Configuração do módulo Delay	61
Figura 35 – Configuração do módulo Decide	62
Figura 36 – Configuração do bloco Assign	62
Figura 37 – Configuração do bloco Dispose	63
Figura 38 – Desenhos dos principais recursos utilizados	63

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de cada saída.....	65
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Símbolos básicos da notação BPMN no Bizagi	45
Tabela 2 – Módulos básicos do Arena	48
Tabela 3 – Capacidade produtiva do maquinário	56
Tabela 4 – Porcentagem de resíduo gerado em cada etapa	57
Tabela 5 – Saídas do processo de produção	65
Tabela 6 – Tempo médio para processamento de cada saída	66
Tabela 7 – Formação de filas.....	66

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APP – Aprendizagem por Projetos

BPMN – *Business Process Model Notation*

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

FAO – Organizao das Naes Unidas para a Alimentao e a Agricultura

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA – Instituto Nacional de Colonizao e Reforma Agrária

LITS – Laboratório Interdisciplinar de Tecnologia Social

MST – Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra

PDS – Projeto de Desenvolvimento Sustentável

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Objetivos.....	13
1.1.1. Objetivo Geral	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
1.2. Motivação	13
1.3. Estrutura do trabalho	14
2. O FUNCIONAMENTO DE UMA CASA DE FARINHA.....	14
2.1 A mandioca e suas raízes.....	14
2.2. Casa de farinha: O espaço de transformação mandioca em farinha.....	16
2.2.1. Processo de beneficiamento da mandioca	17
2.2.1.1. Colheita.....	18
2.2.1.2. Lavagem e Descascamento.....	19
2.2.1.3. Ralamento ou Trituração	19
2.2.1.4. Prensagem.....	20
2.2.1.5. Esfarelamento e Peneiração.....	21
2.2.1.6. Torração.....	22
2.2.1.7. Ensacamento e Armazenagem.....	23
3. TEORIA DAS FILAS	23
3.1. A Teoria das Filas.....	23
3.1.1. O processo de formação de filas e seus elementos.....	24
3.1.2. Principais características de uma fila e as relações fundamentais.....	24
3.1.3. Fórmulas de Little.....	29
4. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS	30
4.1. Simulação e suas aplicações	30
4.2. Ciclo de vida de modelo de simulação	33
4.3. Elementos básicos de um modelo.....	34

4.4. O <i>software</i> Arena.....	35
5. METODOLOGIA.....	36
5.1. Definição do problema	38
5.1.1. Processo de formação do PDS Osvaldo de Oliveira	38
5.1.2. A criação da Casa de Farinha	39
5.2. Estabelecimento dos objetivos	44
5.3. Formulação e planejamento do modelo.....	44
5.4. Coleta de dados.....	46
5.5. Desenvolvimento do modelo	47
5.6. Verificação e validação	51
5.7. Experimentação	52
5.8. Análise dos resultados, documentação e implementação.....	53
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
6.1. Formulação e planejamento do modelo da casa de farinha do assentamento	53
6.2. Coleta de dados e desenvolvimento do modelo da farinha	54
6.3. Verificação, validação e experimentação	64
6.4. Análise dos resultados, documentação e implementação do modelo.....	64
7. CONCLUSÕES.....	67
REFERÊNCIAS	70
ANEXO I – Fluxograma da Casa de Farinha	77
ANEXO II – Modelo Computacional da Casa de Farinha	78
ANEXO III – Animação da Casa de Farinha	82

1. INTRODUÇÃO

Grande parte do esforço em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil, tem sido mediado pela universidade, seja de maneira direta ou indireta, desde a formação de recursos humanos até a realização de pesquisas para tal finalidade (DAGNINO,1984). Dessa forma, a geração, a disseminação e a apropriação da informação e conhecimento, dentro dela gerados, possuem papel fundamental para o desenvolvimento da sociedade como um todo (PALLETA; SILVA; SANTOS, 2014).

Contudo, ao invés de aproximarem-se às demandas sociais, escondidos por trás de uma falsa ideia de neutralidade, o desenvolvimento científico e tecnológico produzidos nesses espaços, se tornam cada vez mais distantes das necessidades, vontades, valores e saberes das classes populares. A privatização dos saberes e das sementes, o avanço do agronegócio no campo com concentração das terras e a destruição da natureza são consequências notórias desse fato (REPOS, 2022).

Diante desse panorama, evidencia-se a necessidade do campo tecnológico se tornar cada vez mais popular e democrático. A extensão universitária surge, nesse cenário, como alternativa para o processo de democratização. Juntamente ao ensino e a pesquisa, a extensão configura-se um dos pilares das universidades públicas do país, sendo uma importante ferramenta de impacto na transformação social. Desse modo, tem como objetivo contribuir na melhoria do ambiente em que está inserida, colocando à prova o conhecimento científico em diálogo com o conhecimento popular (ADDOR, 2020).

Essa intervenção e interação de mão dupla faz com que os acadêmicos obtenham uma visão diferenciada do mundo, permitindo um conhecimento mais sistêmico. Por outro lado, possibilita que a comunidade seja agente de transformação, com proposições e soluções mais próximas de sua realidade e necessidade (ARAÚJO; RUFINO, 2021).

Nesse contexto, foi criada a disciplina de Aprendizagem por Projetos (APP) na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) campus Macaé, promovendo o intercâmbio entre a universidade e comunidades vizinhas. Com uma ementa aberta, parte de uma problemática real e concreta levantada pela comunidade, construída ao longo do processo (LARICCHIA; OLIVEIRA; COSTA, 2021).

No segundo semestre de 2018, houve uma aproximação da disciplina com o Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Osvaldo de Oliveira, um assentamento da reforma agrária localizado no distrito Córrego do Ouro, no município de Macaé. Os encontros, que ocorriam na sala de aula e no assentamento, possibilitaram o processo de troca de saberes entre o campo e a cidade.

Entre as demandas das famílias assentadas, estava a necessidade de encontrar uma solução sustentável para a produção excedente de mandioca. Uma das alternativas para o escoamento, seria transformar a mandioca em farinha. Com base nos recursos disponíveis, surge a ideia do desenvolvimento de uma casa de farinha no assentamento.

Todo o processo de idealização e construção da farinheira foi pautado no conceito de tecnologia social, que tem o propósito de contribuir para a democratização do processo de desenvolvimento tecnológico, sendo pensada para e com os trabalhadores, diferentemente da convencional (ADDOR; EID; SANSOLO, 2021). Além de servir para o autoconsumo, a farinha produzida e seus subprodutos podem ser comercializados, possibilitando, a geração de renda para os assentados e assentadas.

Considerando esses aspectos, torna-se interessante entender o funcionamento da casa de farinha e sua capacidade de produção e, nesse sentido, a simulação de eventos discretos, uma subárea de conhecimento da pesquisa operacional, traz algumas contribuições. De acordo com Brito (2007), para facilitar a tomada de decisões nos sistemas produtivos, é fundamental que se compreenda a maneira como os recursos que os formam estão relacionados, além de como impactam uns aos outros e reagem sob certas condições. Por meio da modelagem e simulação, torna-se possível analisar virtualmente um sistema real, sem que haja intervenção nas suas atividades. Dessa forma, pode ser aplicada em sistemas que ainda não existam fisicamente ou estejam em fase de aperfeiçoamento, apenas baseando-se em outros sistemas nos quais podem ser testados sem a necessidade de serem implementados (ARAGÃO, 2011).

Nesse cenário, a modelagem e simulação por computador, configura-se, cada vez mais, parte integrante do processo de planejamento e tomada de decisão do segmento de manufatura, visto que, descreve o comportamento desses, permitindo que se estude o *layout* e a capacidade, avalie os procedimentos operacionais, aprimore a alocação e utilização dos recursos, defina políticas de estoque e logística, entre outros (STEPHENS; MEYERS, 2013). Salientando assim, sua aplicação nesse campo.

Apesar das farinheiras estarem presentes ao redor de todo país, não foram encontrados estudos sobre a capacidade produtiva delas. Partindo dessa perspectiva, a relevância deste trabalho está em propor um modelo computacional para simular o funcionamento da casa de farinha do PDS Osvaldo de Oliveira. Para tal, é utilizado o *software* Arena, da *Rockwell Software Corporation*, fundamentado nos conceitos de Teoria das Filas, que possibilitou a análise de todo o processo de produção da farinha.

Ressalta-se ainda que, como o sistema da farinheira ainda não está concluído, foi utilizada a estratégia de realizar a modelagem e simulação por meio dos dados técnicos das máquinas que serão implementadas. Assim, o desenvolvimento do estudo, que faz o uso da simulação computacional de eventos discretos, torna-se um instrumento para auxílio na tomada de decisão do projeto da casa de farinha do PDS.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho consiste em mapear e analisar o processo produtivo de farinheiras por meio do uso da modelagem e simulação de eventos discretos, a fim de contribuir para a produção na casa de farinha do PDS Osvaldo de Oliveira.

1.1.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- i. Descrever e analisar os processos de produção da casa de farinha, evidenciando as etapas a serem seguidas;
- ii. Modelar o funcionamento e o fluxo do sistema de produção de farinha por meio das técnicas de modelagem e simulação;
- iii. Analisar o relatório gerado pela simulação, identificando os gargalos, a capacidade produtiva, o tempo de fila e outras variáveis importantes para tomada de decisão gerencial;
- iv. Contribuir na formação e no diálogo sobre a gestão da casa de farinha com os assentados do PDS Osvaldo de Oliveira, através do modelo computacional e sua animação.

1.2. Motivação

A principal motivação para o estudo consiste no interesse da autora em contribuir para a aproximação do desenvolvimento científico produzido dentro da universidade às demandas sociais. Opondo-se à maioria dos trabalhos gerados na engenharia voltados exclusivamente para as propriedades privadas, é dito como norteador do presente trabalho, a utilização da engenharia como instrumento de transformação social. A participação da autora na disciplina “Aprendizagem por Projetos”, em 2018 e 2019, e o seu desejo em auxiliar no projeto da farinheira do assentamento impulsionou a escolha da temática.

1.3. Estrutura do trabalho

O trabalho encontra-se estruturado em sete partes, facilitando, dessa forma, a organização das informações e a compreensão do mesmo, como um todo. O presente capítulo faz uma introdução sobre os tópicos que serão debatidos ao decorrer estudo a fim de apresentar uma visão geral sobre o mesmo, além do contexto, justificativa para sua escolha e objetivos da pesquisa. Os capítulos de dois a quatro trarão um levantamento bibliográfico acerca dos conceitos desenvolvidos no trabalho, passando pelo funcionamento detalhado de uma casa de farinha, emprego da teoria das filas nesse contexto e modelagem e simulação do sistema. Já no capítulo cinco serão abordados os procedimentos metodológicos para a aplicação da modelagem e simulação na casa de farinha do PDS Osvaldo de Oliveira. Em seguida, no capítulo seis, os principais resultados encontrados por meio do desenvolvimento da simulação e suas interpretações. Por último, no capítulo sete, serão apresentadas as conclusões do estudo, verificando se os objetivos propostos foram atingidos e as limitações encontradas durante a execução do mesmo.

2. O FUNCIONAMENTO DE UMA CASA DE FARINHA

Neste capítulo, ocorrerá uma discussão acerca da mandioca e sua contribuição para construção da identidade do povo brasileiro. Em seguida, será realizado um detalhamento do processo de transformação da mandioca em farinha, destacando as principais máquinas utilizadas e o fluxo do beneficiamento.

2.1 A mandioca e suas raízes

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017), a mandioca é um dos alimentos mais consumidos ao redor do mundo, destacando-se pela sua grande capacidade de adaptação nas diferentes condições de clima e de solo e por sua versatilidade, seja no consumo animal, humano ou industrial. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2013), é cultivada em mais de 100 países tropicais e subtropicais, quase exclusivamente, por pequenos agricultores de baixa renda.

Nomeada cientificamente como *Manihot esculenta Crantz*, é nativa da América Latina. Cultivada e domesticada muito antes dos europeus desembarcarem no continente, não se sabe seu local de origem com muita exatidão, porém é no Brasil onde se observa

a maior variação em sua utilização (ALLEM, 2002; SANTOS, 2010). Várias lendas indígenas relatam a origem da mandioca, como, por exemplo, a que conta sobre uma menina deslumbrante, chamada Mani, neta de um chefe indígena, que morreu ainda muito nova, com menos de um ano completo, sem doença e nem dor. Do seu túmulo, nasceu um arbusto, do qual encontraram-se as raízes fortes e poderosas, que receberam o nome de mandioca, que significa a casa de Mani (CASCUDO, 1967).

A planta é portadora de tradições, que permeiam os mitos indígenas até as variadas formas de expressão da linguagem popular, marcando a história e cultura nacional. Com lavouras do norte ao sul do país, o território é um dos maiores produtores mundiais desse tubérculo. O baixo custo de sua produção permite seu cultivo pela população mais pobre, fazendo com que o alimento seja conhecido “pão de pobre” (PINTO, 2002).

Durante o ano de 2021, por exemplo, a produção nacional alcançou mais de 18 milhões de toneladas de acordo com dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Neste contexto, sobressaem-se as regiões Norte e Nordeste, com a maior parcela desse total (IBGE, 2022). Segundo o Departamento de Economia Rural, têm-se o consumo mais voltado para o mercado interno do que para exportação como característica da mandiocultura brasileira (GROXKO, 2020). Para mais, quando comparado aos outros países, apresenta variadas vantagens no ramo, com destaque na área para avanço, mão-de-obra, *know-how*, somados a tecnologia para a produção de seus derivados (FELIPE; ALVES; CAMARGO, 2010).

A planta da mandioca pode ser completamente aproveitada: as folhas, as ramas e as raízes. Nesse aspecto, tem-se a raiz como o principal enfoque comercial, da qual se produz basicamente: a mandioca de mesa (*in natura*), a farinha e a fécula. O primeiro produto a ser fabricado a partir da mandioca foi a farinha, que se destaca como item essencial na alimentação do povo brasileiro (BEZERRA, 2011; SILVA; ROEL; MENEZES, 2001). Nesse aspecto, absorve de 70 a 80% da produção mundial da raiz (CHISTÉ; COHEN, 2006).

Ainda, a fécula é a base da tapioca e do polvilho, amplamente aplicado na culinária na fabricação de industrializados como biscoitos e beijus (PINTO, 2002). Produto que tem apresentado uma competitividade crescente, sendo empregado tanto ramo alimentício, como no insumo para as industriais, desde papel, embalagem, cola, mineração, têxtil, até a farmacêutica (ALVES; VEDOVOTO, 2003).

2.2. Casa de farinha: O espaço de transformação mandioca em farinha

Tradição na mesa das famílias do Brasil, o consumo e produção da farinha sempre esteve diretamente ligado a sustentabilidade alimentar. A arte de fazer farinha inclui um conjunto de diferentes práticas, que ultrapassam o processo produtivo em si, revelando saberes e experiências, que não só agregam valor ao produto, mas também configuram a tradição da prática de fazer farinha (SILVA C.; SILVA M., 2015).

Os indígenas faziam farinha ralando as raízes descascadas e lavadas por meio do atrito de espinhos, dentes de animais ou até cascas de ostras. Em seguidas, espremiam com as próprias mãos, resultando em uma farinha grumosa. Alimento essencial que acompanhava as coisas comíveis, da carne até a fruta (CASCUDO, 1967).

Tempos mais tarde, eram muito utilizadas as casas de farinha, espaços destinados ao seu processamento, em conjunto aos engenhos como fonte de alimento para os trabalhadores do açúcar e pequenos produtores de subsistência (ARAÚJO, 2015). Também denominadas como farinheiras, são estruturas produtivas que representam o método mais tradicional e artesanal, fundamentado na mão de obra familiar. Algumas delas, entretanto, apresentam certa mecanização, permitindo, desta forma, o aumento na escala produtiva (NASCIMENTO, 2014).

Além disso, para Velthem (2014), tem-se que:

O processo de produção da farinha ocorre em um espaço específico, designado como casa de farinha, que abriga grandes e complexos artefatos utilitários. Esses locais podem ser individuais ou coletivos, como é o caso das casas de farinha geridas pelas cooperativas ou então construídas através de programas governamentais (p. 87-88).

A arte de produzir farinha vai além da manutenção de uma cultura centenária, transformando-se em um meio subsistência capaz de atender as demandas locais do produto e propiciar a melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas no processo. Permitindo assim, a garantia do atendimento das necessidades atuais e futuras das partes interessadas, a criação de alternativas de mercado e o fortalecimento do desenvolvimento socioeconômico da região por meio da geração do emprego e renda para as famílias (SEBRAE, 2006).

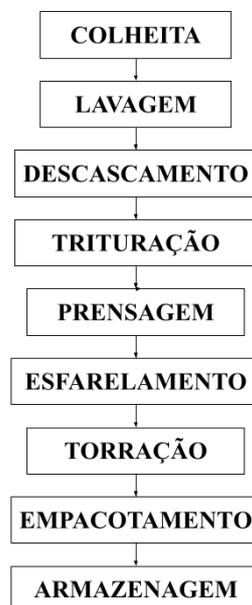
De acordo com as particularidades de cada estado ou região do país, a farinha pode apresentar variações na cor, no sabor e nas formas de se produzir, tornando-se fina, seca, grossa, fermentada, mista, entre outras (MOTTA, 2019). Assim, estabelece-se foco do presente estudo a farinha seca.

2.2.1. Processo de beneficiamento da mandioca

Um processo consiste em uma sequência de atividades que tem como finalidade produzir determinado bem ou serviço a fim de gerar valor ao usuário final (HAMMER; CHAMPY, 1994). Nesse aspecto, o processo de beneficiamento da mandioca em farinha percorre desde a colheita da mandioca até a obtenção do produto final. De maneira geral, pode ser dividido nas seguintes etapas: colheita da mandioca, lavagem, descascamento das raízes, ralamento ou trituração, prensagem, esfarelamento, peneiramento e torração (CHISTÉ; COHEN, 2006; PINTO, 2002). Por fim, deve-se ocorrer o ensacamento e armazenamento em locais secos e ventilados (ARAÚJO; LOPES, 2009).

O fluxograma, também conhecido como gráfico do fluxo do processo, permite que se registre um processo de maneira compacta, utilizando símbolos padronizados (BARNES, 1982). Um dos padrões existentes é o diagrama de blocos, que permite, de forma simples, a representação geral de um processo, no qual, visualiza-se o fluxo das atividades determinados por meio de setas. O diagrama de blocos básico das etapas da fabricação da farinha de mandioca pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Etapas básicas do processamento



Fonte: Adaptado de Chisté e Cohen (2006, p. 26)

Ainda, deve-se seguir uma série de legislações sanitárias e ambientais, que constituem normas de fabricação, requisitos fundamentais a fim de assegurar a ausência

de perigos que possam atingir os alimentos. As boas práticas de fabricação, elaboradas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), incluem (BRASIL, 2002):

- Edificações e instalações: Englobam a área interna e externa, portas, janelas e outras aberturas, instalações sanitárias, lavatórios, iluminação e instalações elétricas, ventilação e climatização, abastecimento da água, manejo dos resíduos, *layout*, entre outros.
- Equipamentos, móveis e utensílios: Abrangem desde o material adequado que devem ser constituídos até sua higienização.
- Manipuladores: Envolvem o vestuário adequado, hábitos higiênicos, capacitações, entre outros.
- Matérias-primas, ingredientes e embalagens: Correspondem a seleção e transporte, recepção e armazenamento apropriados.
- Preparação do alimento: Indicam os cuidados necessários, seja na preparação dos alimentos até o controle e garantia da qualidade.
- Armazenamento e transporte do alimento preparado: Armazenamento e o transporte do alimento preparado, da distribuição até a entrega ao consumo.

Deve-se considerar também um aspecto importante que determina que o produto deve caminhar dos pontos de maior para menor grau de contaminação. Dessa maneira, a recepção, lavagem e descascamento constituem a área suja, enquanto as etapas seguintes fazem parte da área limpa (FOLEGATTI; MATSUURA; FERREIRA FILHO, 2005). Contudo, por não considerar a terra como suja, as pessoas envolvidas na construção da farinha no assentamento PDS Osvaldo de Oliveira, local onde este trabalho foi desenvolvido, preferem nomear esses espaços, como área primária e secundária, respectivamente.

2.2.1.1. Colheita

O ciclo da cultura de mandioca é dado pelo tempo compreendido entre o plantio e sua colheita, podendo ser curto (10 a 12 meses), médio (12 a 15 meses) ou longo (15 a 20 meses). Para facilitar a operação, na maioria das vezes, os agricultores realizam mutirões para a realização da colheita, que pode ser feita manualmente ou com o auxílio de ferramentas apropriadas, como facão e enxada (LIMA, L. S. C.; MORETI; LIMA, L. J., 2020).

As raízes devem ser transportadas para um ambiente apropriado o mais rápido possível. É importante que o tempo gasto até o descarregamento nesse local seja menor que 24 horas após a colheita, visto que, após esse intervalo, os microrganismos e patógenos já podem começar a atacá-las, prejudicando-as (NASCIMENTO, 2014).

2.2.1.2. Lavagem e Descascamento

Feita a recepção das raízes de mandioca, é realizada uma pré-lavagem para que o excesso da terra seja retirado. Em seguida, inicia-se o processo de descascamento, retirando-se suas cascas e talos. Então, lava-se novamente com água limpa para a retirada do restante da sujeira (PIRES et al., 2019).

Essa etapa pode ser feita de maneira mecânica, utilizando um equipamento chamado lavador-descascador, ilustrado na Figura 2, que enquanto descasca, também faz a lavagem. Caso for realizado de manualmente, deve-se ter preferência por uma faca, confeccionada de aço inox, ou um raspador (NASCIMENTO, 2014). Os resíduos sólidos gerados nesta etapa, as cascas, podem ser utilizadas na alimentação animal (ARAÚJO; LOPES, 2009).

Figura 2 – Lavador-descascador



Fonte: Indústria Santa Cruz (2022)

2.2.1.3. Ralamento ou Trituração

A etapa de ralamento ou trituração pode ser realizada manualmente ou por meio de um ralador elétrico (BEZERRA, 2011). Os raladores mais comuns, representados na Figura 3, são compostos por um cilindro feito de madeira que possui, no sentido longitudinal do eixo, lâminas dentadas feitas de aço, responsáveis por triturar a mandioca

por ali são empurradas. Eles são protegidos por uma caixa de madeira e resultam em uma massa fina (SILVA, 1995).

Figura 3 – Ralador elétrico



Fonte: Indústria Santa Cruz (2022)

2.2.1.4. Prensagem

A prensagem consiste na retirada de água presente na massa ralada. Ela deve ocorrer imediatamente depois a trituração, para que não ocorra a fermentação e o escurecimento da farinha. A massa ralada é colocada em sacos de rafia e prensada, extraindo assim, grande parte água presente. Pode-se utilizar tanto a prensa manual (de parafuso) como a hidráulica, ilustradas nas Figura 4 e Figura 5, respectivamente (BEZERRA, 2011; CHISTÉ; COHEN, 2006).

A massa sai da prensa em formato compacto. Já o líquido extraído é denominado manipueira, que significa água de goma na língua tupi, resíduo altamente tóxico e poluente. Assim, necessita de tratamento específico para torná-la utilizável, podendo ser reaproveitado para produção de biogás, inseticidas, goma, entre muitos outros. Caso não seja tratada ou descartada de maneira correta, pode causar vários danos à saúde humana e ao ambiente (CORREIA et al., 2018; SENAR, 2018).

Figura 4 – Prensa manual



Fonte: Usinagem Santo Antônio (2022)

Figura 5 – Prensa hidráulica



Fonte: Indústria Santa Cruz (2022)

2.2.1.5. Esfarelamento e Peneiração

Após a prensagem, os blocos de massa devem ser esfarelados. Esse procedimento pode ser realizado manualmente ou por um esfarelador. Ainda, caso necessário, poderá voltar para a trituradora. Em seguida, a massa é peneirada, permitindo a retenção de partes grosseiras. A malha da peneira determina a granulação da farinha, permitindo sua posterior classificação (CHISTÉ; COHEN, 2006). Os grãos que ficam retidos na peneira, chamados de crueira, são outros resíduos sólidos do processo. A Figura 6 é um exemplo de esfarelador com uma peneira vibratória inclusa.

Figura 6 – Esfarelador



Fonte: Paranaváí Máquinas Industriais (2010)

2.2.1.6. Torração

Os fornos, manuais ou mecânicos, são utilizados para a torração de farinha. Os primeiros são compostos por uma chapa de aço aquecida, necessitando de uma pessoa para mexer a farinha constantemente com um rastelo de madeira. Enquanto os mecanizados possuem pás giratórias, que mexem automaticamente a massa sobre chapa, ilustrados na Figura 7.

Figura 7 – Forno mecanizado



Fonte: Usinagem Santo Antônio (2022)

Nesta etapa, seca-se a farinha eliminando o restante do líquido. A torração finaliza quando a farinha está ligeiramente amarelada, para assim, seguir para o resfriamento. (LIMA, L. S. C.; MORETI; LIMA, L. J., 2020).

2.2.1.7. Ensacamento e Armazenagem

Após resfriada totalmente, há formação de pequenos aglomerados na farinha. Para obtenção de um produto homogêneo, pode ser necessário que se peneire novamente ou realize uma trituração, que costuma ser realizada por meio de moinhos. Por fim, é realizada a pesagem e ensacamento da farinha. Os sacos devem ser armazenados em locais frescos e ventilados, destinados a esse fim (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2007).

3. TEORIA DAS FILAS

O sistema de transformação da mandioca em farinha é composto por diferentes etapas, desde a colheita até o produto final. Entre os sintomas que podem atingir o funcionamento dos sistemas estão os gargalos, pontos com ocorrência de filas, que obstruem e atrasam o fluxo de produção. Nesse contexto, tem-se a Teoria das Filas como um importante instrumento para estudo dos pontos de estrangulamento e tempos de espera, isto é, das demoras verificadas em algum ponto do processo (CHIAVENATO, 2003). Assim, neste capítulo pretende-se esclarecer os principais pontos acerca da teoria, pontuando suas principais contribuições para o estudo das filas no processo produtivo da farinheira.

3.1. A Teoria das Filas

As filas fazem parte do cotidiano das pessoas. Em sua forma mais comum, é gerada quando unidades, sejam indivíduos, pedidos, materiais ou outros, chegam em determinado posto de atendimento e não podem ser imediatamente atendidas ou processadas, gerando um grupo de espera (TÔRRES, 1966). Em uma linha de produção, por exemplo, um sistema mal balanceado pode gerar filas e provocar gargalos (PRADO, 2004).

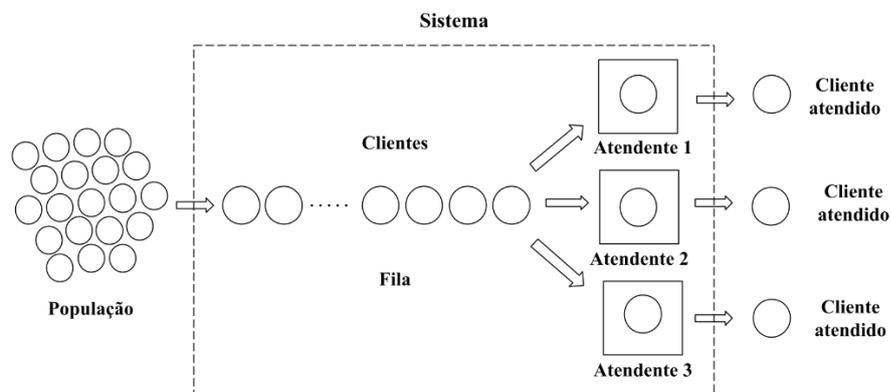
Tendo esse contexto, no início do século XX, o engenheiro de telecomunicações Agner Erlang começou estudar o congestionamento e tempos de esperas para serem realizadas ligações telefônicas, dando origem assim, a teoria das filas (CHWIF; MEDINA, 2015). Por meio de relações matemáticas e algoritmos, torna-se possível representar as filas presentes no dia-a-dia, que quando transmitidas para o computador possibilita a realização de simulações a fim de que, no recorte estudado, não haja formação de filas. Assim, quando associada a simulação, torna-se uma importante ferramenta de otimização de sistemas (KAWANO B.; KAWANO R., 2014).

Em outras palavras, essa teoria trata do estudo da espera, por meio de modelos de filas para representar as diferentes filas que existem na prática, chamadas de sistemas. Com a utilização de fórmulas matemáticas torna-se possível explicar o seu funcionamento, permitindo operar o sistema de forma mais eficiente (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

3.1.1. O processo de formação de filas e seus elementos

O processo básico para formação de filas consiste na chegada de clientes de dada população que necessitam de atendimento, por meio de uma fonte de entrada. O cliente entra no sistema de acordo com alguma função de probabilidade e aguarda, em fila, até seu processamento. Em certo momento, é selecionado para atendimento por alguma regra conhecida como disciplina da fila. Seu atendimento pode ser realizado por n atendentes, que também trabalham de acordo com alguma função de probabilidade, até ser liberado da operação. A Figura 8 apresenta os elementos básicos de uma fila (HILLIER; LIEBERMAN, 2010; SLACK et al., 2018).

Figura 8 – Elementos básicos das filas



Fonte: Adaptado de Prado (2004, p. 23); e Hillier e Lieberman (2010, p. 746)

3.1.2. Principais características de uma fila e as relações fundamentais

Em um sistema de filas, devem ser consideradas as seguintes três características fundamentais: Regime de chegada, regime de atendimento e disciplina da fila (TÔRRES, 1966). Os autores Hillier e Lieberman (2010) e Prado (2004) descrevem cada uma delas:

- Regime de chegada:

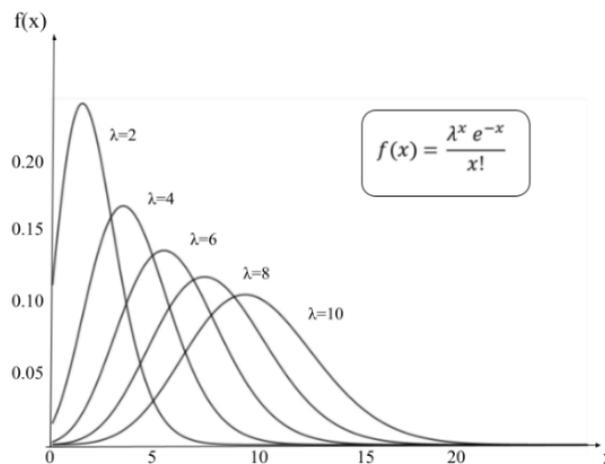
O cliente é originário de uma população, sendo o número total de clientes, o tamanho da população. Para fins práticos, caso seja muito grande, deve-se considerá-la como infinita, caso contrário, finita. Ressalta-se que, um cliente pode ser uma pessoa, um veículo, uma peça e muitos outros.

Os clientes chegam de forma padronizada, seguindo dada distribuição de frequências. O tempo entre as chegadas consecutivas é denominado intervalo médio entre chegadas (IC). O ritmo médio das chegadas (λ), que é a taxa em que os clientes chegam, é também uma importante variável randômica. Por definição, tem-se que:

$$\lambda = \frac{1}{IC} \quad (1)$$

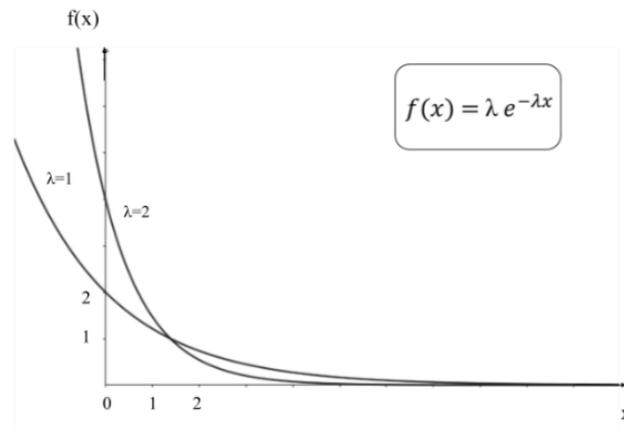
Um processo de chegada pode ser caracterizado pelas diferentes distribuições probabilísticas. Geralmente, tem-se que o ritmo médio de chegadas segue a distribuição de Poisson, enquanto o intervalo médio entre chegadas acompanha a exponencial negativa (PRADO, 2004). Contudo, cada caso necessita de uma análise particular. Raramente, pode ser considerado regular, isto é, sem existir nenhuma variação entre os intervalos das chegadas. Para melhor visualização, essas distribuições encontram-se descritas nas Figura 9 e Figura 10, respectivamente. Deve-se considerar $f(x)$ a função densidade de probabilidade em que ocorrem x chegadas na unidade de tempo. Além disso, a letra e representa a base do logaritmo natural ($e = 2.71828\dots$).

Figura 9 – Distribuição de Poisson



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 10 – Distribuição Exponencial Negativa



Fonte: Autoria própria (2022)

Ainda, nota-se que em populações infinitas, o ritmo médio de chegada não é alterado com a entrada de um novo cliente. Contudo, o mesmo não ocorre para as populações finitas. Nesses sistemas, a chegada de um novo cliente alterará o ritmo.

- Regime de atendimento

Os clientes que chegam precisam ser atendidos, mesmo que, após determinado tempo de espera. Um atendente não precisa ser único, podendo adquirir valores de 1 a n atendentes diferentes. Nesse aspecto, a capacidade de atendimento do sistema (c) é dada pela quantidade de atendentes. Em muitos casos, não são nem pessoas, podendo ser desde máquinas, veículos até dispositivos eletrônicos, entre outros.

Assim como ocorre no processo de chegada, o processo de atendimento também segue determinada função probabilística. O tempo que demora um atendimento, isto é, desde seu início até seu fim, é denominado tempo médio de atendimento (TA). Além dele, o ritmo médio de atendimento (μ) é outra variável relevante. A relação entre elas, consiste em:

$$\mu = \frac{1}{TA} \quad (2)$$

Para a escolha da distribuição que melhor se encaixa, é necessária uma análise criteriosa. Além disso, outra variável que pode ser identificada nesse ponto, é o número de clientes em atendimento (NA).

- Disciplina da fila

A fila segue determinada regra responsável por estabelecer qual deve ser a prioridade de atendimento dos seus integrantes. Entre os exemplos mais comuns, destaca-se aquele em que o primeiro cliente a entrar na fila, deve ser o primeiro a sair, conhecido como PEPS (em inglês, chama-se FIFO, *First In First Out*). Outra disciplina é a primeiro a entrar, último a sair, denominada UEPS (em inglês, tem-se LIFO, *Last In First Out*). Os critérios de ordem de prioridade ou aleatório também podem ser utilizados.

Além das variáveis randômicas destacadas acima, existem outras de extrema relevância para a teoria das filas. De forma resumida, segue a explicação de cada uma delas.

- Tamanho médio e máximo da fila

O número médio de clientes na fila (NF) é dado pelo tamanho da fila. Bem como, o tamanho máximo da fila é o número máximo de clientes suportados por ela, necessitando o redirecionamento para outros pontos de atendimento (KAWANO B.; KAWANO R., 2014).

- Tempo médio de espera da fila

O tempo média de espera da fila (TF) é a variável que mais desperta o interesse das pessoas, visto que, ela quantifica o tempo que o cliente irá esperar até seu atendimento. Inicialmente, é a disciplina da fila que determinará esse tempo. Contudo, de acordo com as características do sistema, ele pode variar (KAWANO B.; KAWANO R., 2014).

- Tempo médio de permanência e número médio de clientes no sistema

O número médio de cliente no sistema (NS) é composto pelo número de clientes na fila e em atendimento, NF e NA. Já o tempo médio do sistema (TS), é

dado pelo tempo de fila e de atendimento, TF e TA (CHWIF; MEDINA, 2015).
Dessa forma, tem-se que,

$$NS = NA + NF \quad (3)$$

$$TS = TA + TF \quad (4)$$

Sobretudo, a abordagem matemática da Teoria das Filas exige que o sistema seja estável para sua aplicação. Para isso, o regime de chegada e de atendimento devem se manter estáveis no tempo, isto é, μ e λ devem ser constantes. Além dos atendentes capazes de atender o fluxo de chegada, implicando em $\mu > \lambda$. Caso contrário, o sistema torna-se complexo, necessitando de um computador para seu processamento (PRADO, 2004).

Pode-se demonstrar que,

$$NA = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{TA}{IC} \quad (5)$$

Portanto, substituindo (5) em (3),

$$NS = \frac{\lambda}{\mu} + NA \quad (6)$$

E,

$$NS = \frac{TA}{IC} + NA \quad (7)$$

A taxa de utilização dos atendentes (ρ), isto é, a fração média que eles estarão ocupados, pode ser obtida por,

$$\rho = \frac{\lambda}{c \times \mu} \quad (8)$$

Então, tem-se sempre que $\rho \leq 1$. Se $\rho = 1$, o atendente estará 100% do tempo ocupado. Além disso, a intensidade do tráfego (i), ou seja, o número mínimo de atendentes para atender o fluxo de clientes, é dado por,

$$i = \left| \frac{\lambda}{\mu} \right| = \left| \frac{TA}{IC} \right| \quad (9)$$

3.1.3. Fórmulas de Little

Mais uma importante contribuição para o estudo de um sistema estável de filas, foi dada pelas fórmulas desenvolvidas por John D. C. Little. De acordo com a teoria, o número médio de clientes no sistema é equivalente ao produto entre o ritmo médio de chegadas e tempo média de permanência no sistema (LITTLE, 1961).

$$NS = \lambda \times TS \quad (10)$$

De maneira similar, a relação também é identificada no cálculo do número de clientes na fila, dada por:

$$NF = \lambda \times TF \quad (11)$$

Destaca-se a possibilidade de aplicação independentemente do intervalo entre chegadas, número de atendentes, disciplina da fila, entre outros. Configurando-se assim como fórmulas fundamentais básicas (LITTLE, 1961).

Essa relação matemática pode ser aplicada em qualquer processo estável, assim como, para o cálculo do tempo de atravessamento utilizado no planejamento e controle da produção, que é aquele compreendido entre a entrada de um item ou cliente no processo e sua saída, isto é, de permanência (SLACK et al., 2018). Pela relação, o número médio na fila é produto da taxa média de chegada e o tempo médio que cada item ali permanece, sendo:

$$\text{Número de itens na fila} = \text{Taxa de chegada} \times \text{Tempo de atravessamento} \quad (12)$$

Isolando a variável desejada, tem-se que:

$$\text{Tempo de atravessamento} = \frac{\text{Número de itens no sistema}}{\text{Taxa de chegada}} \quad (13)$$

O número de itens em processo, em qualquer instante de tempo, pode ser considerado como o trabalho em processo. Já o tempo médio entre os itens em

processamento, que seria o mesmo de intervalo entre chegadas, pode ser considerado o tempo do ciclo (SLACK et al., 2018). Assim,

$$\text{Tempo de atravessamento} = \text{Trabalho em processo} \times \text{Tempo do ciclo} \quad (14)$$

4. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

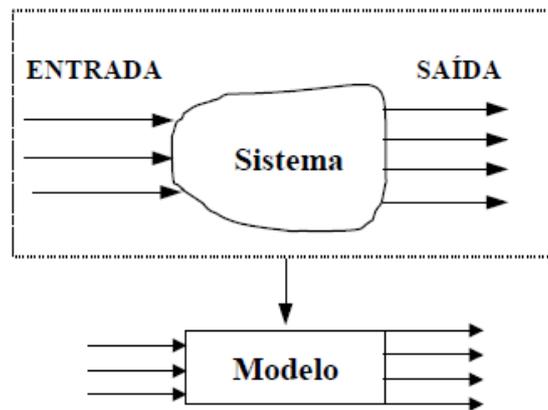
Muitas das fórmulas utilizadas para a compreensão de filas são muito complicadas. Em modelos mais usuais, já foram desenvolvidos estudos e fórmulas para sua tratativa. Porém, ao tratar de sistemas complexos, torna-se imprescindível ao uso de computadores e simulações para previsão do comportamento das mesmas (SLACK et al., 2018). Dessa forma, este capítulo pretende elucidar os conceitos de modelagem computacional agregada a simulação de eventos discretos, abordando seus elementos fundamentais, principais aplicações e suas limitações.

4.1. Simulação e suas aplicações

A simulação consiste na imitação, seja de um sistema ou de um processo real, com intervalo de tempo pré-determinado (SANTOS, 1999 *apud* KAWANO B.; KAWANO R., 2014). Nesse contexto, um sistema pode ser definido como um agrupamento de entidades, como pessoas, equipamentos, métodos, que podem variar de acordo com as particularidades do estudo, que se interagem entre si para um objetivo (BATEMAN *et al.*, 2013).

Por meio de relações matemáticas, lógicas e simbólicas entre os objetos de interesse, a simulação permite a criação de uma história artificial, a partir da qual, possibilita-se a inferência de como o sistema realmente funciona. Tais relações formulam o modelo de simulação, que tem como função descrever o modo como o sistema opera (SANTOS, 1999 *apud* KAWANO B.; KAWANO R., 2014). Uma noção sobre os princípios básicos da modelagem pode ser vista na Figura 11.

Figura 11 – Princípios básicos da modelagem de sistemas



Fonte: Cassandras e Lafortune (1999), adaptado por Gavira (2003, p. 41)

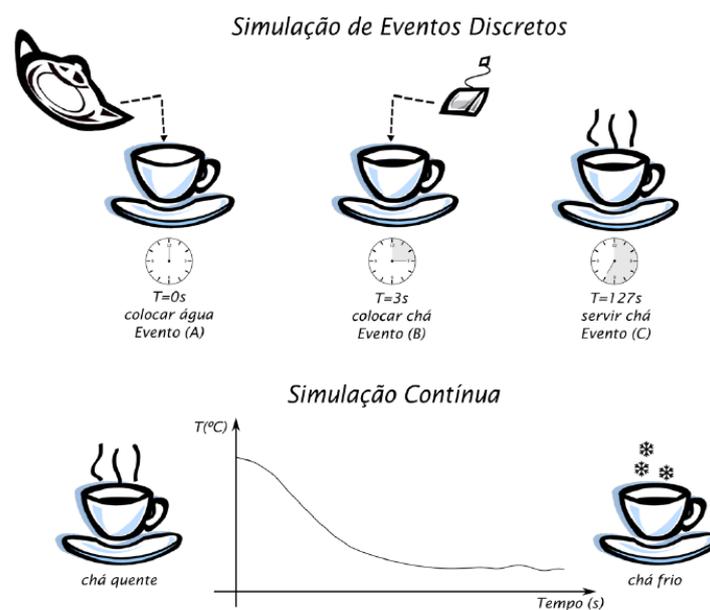
Sua aplicação permite a visualização do comportamento do sistema de modo virtual. Possibilitando assim, a previsão da maneira que sistema irá reagir mediante a mudanças ou implantação de novos métodos em sua rotina (AOKI, 2018). Ainda, pode ser utilizada como uma ferramenta de comparação entre diferentes cenários, auxiliando no processo de tomada de decisão e sendo amplamente utilizada para resolução de problemas complexos (BELFIORE; FÁVERO, 2013). Podendo assim, atuar nos mais diversos campos, desde na previsão da trajetória de um foguete ou satélite, na modelagem da produção e operações de montagens, no estudo do comportamento de uma fila de espera, entre muitos outros (EVANS; OLSON, 1998).

Os computadores, que passaram a ser utilizados por volta da década 1950, quando *softwares* específicos começaram a ser desenvolvidos para esse fim, são uma importante ferramenta de suporte para a simulação. Em 1980, com o aumento do uso dessas máquinas, surge-se a simulação visual, com a invenção de programas como Arena, Taylor, Promodel, entre outros, que entre os benefícios, permite o uso de animações, responsáveis por facilitar o entendimento da simulação (AOKI, 2018).

Contudo, é importante destacar que: a simulação não pode prever o futuro, e sim, a maneira que o sistema irá se comportar com base nos dados de entradas e as premissas consideradas; a simulação não pode ser reduzida a uma fórmula matemática; a simulação não é uma ferramenta de otimização a fim de obter uma solução ótima, o que ela permite é a análise de possíveis cenários; a simulação não pode substituir o pensamento humano na tomada de decisão (CHWIF; MEDINA, 2015).

Basicamente, a simulação computacional pode ser categorizada em três áreas: simulação de Monte Carlo, simulação contínua e simulação de eventos discretos. A primeira, que também pode ser chamada de simulação estática, diz respeito a eventos em que o tempo não é considerado um parâmetro relevante, assim, por meio de um gerador de números aleatórios obtém-se um resultado numérico (CHWIF; MEDINA, 2015). Por outro lado, as outras consideram as mudanças de estado do sistema no decorrer do tempo, descritas na Figura 12. A segunda trata de eventos dinâmicos focando na relação de causa e efeito entre as variáveis ou elementos do sistema simulado, por meio de equações diferenciais calcula as alterações das variáveis no tempo. Por fim, a última trata de atividades e eventos que ocorrem em diferentes intervalos de tempo (CHWIF; MEDINA, 2015).

Figura 12 – Eventos contínuos vs. discretos



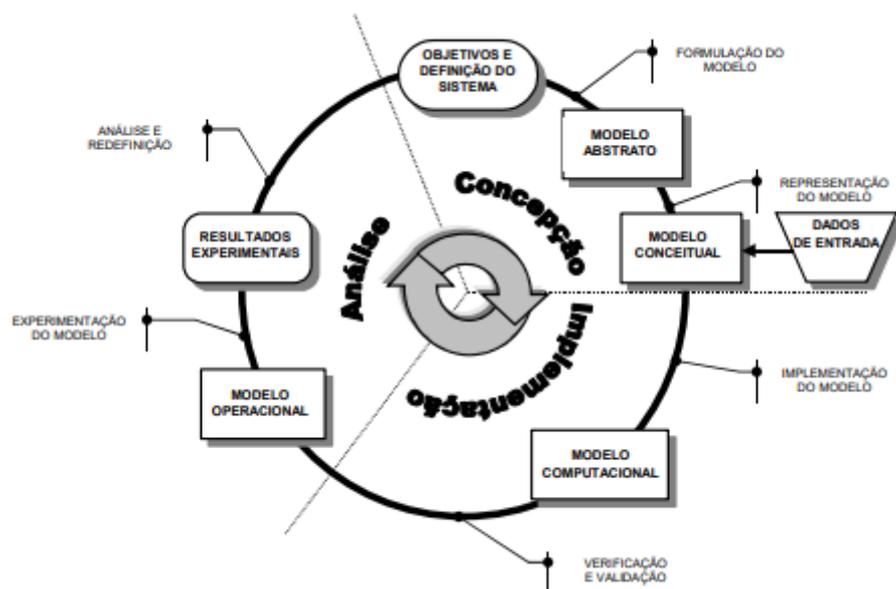
Fonte: Chwif e Medina (2015, p.7)

A simulação de eventos discretos diz respeito à modelagem de um sistema à medida em que ele evolui ao longo do tempo, por meio de uma representação na qual as variáveis de estado mudam, de maneira instantânea em pontos no tempo (LAW, 2013). O sistema de filas e de manufatura são exemplos desse tipo de simulação. Dessa forma, o presente trabalho restringe-se a modelagem e simulação de eventos discretos.

4.2. Ciclo de vida de modelo de simulação

Simular vai muito além da construção do programa no computador em si. De maneira geral, o ciclo de vida de um processo de simulação pode ser dividido em três macrofases: Concepção ou formulação, implementação e análise dos resultados do modelo (PAUL e BALMER, 1993 *apud* CHWIF, 1999). A Figura 13 ilustra as principais etapas.

Figura 13 – Ciclo de vida de um modelo de simulação



Fonte: Chwif (1999, p. 10)

- **Concepção ou formulação do modelo**

Na primeira fase deve-se entender o sistema que será simulado, além dos seus objetivos, por meio de uma discussão com os envolvidos, decidindo a abrangência e detalhamento do mesmo, gerando um modelo abstrato na mente do simulador. Para que o modelo seja entendido por todas pessoas, deverá ser transformado em modelo conceitual, facilitando assim, sua interpretação. Os dados de entrada também devem ser coletados nessa fase (CHWIF, 1999).

- **Implementação do modelo**

Nessa fase, converte-se o modelo conceitual em um modelo computacional, com a implementação do mesmo no computador, por meio de uma linguagem de simulação ou de um simulador comercial. Feito isso, deve-se

contrapor os modelos para verificar se está funcionando como pretendido (CHWIF, 1999).

- Análise dos resultados do modelo

Após verificar e validar o modelo computacional, pode-se começar a realização de experimentos, dando origem ao modelo operacional. Nessa fase, o modelo deverá ser processado várias vezes, conforme necessidade dos usuários, e seus resultados colhidos e analisados. Caso necessário, poderá ser realizada uma modificação no modelo e reiniciado o ciclo (CHWIF, 1999).

Suas limitações envolvem os problemas muito complexos que, mesmo desenvolvidos em *softwares* computacionais, podem ser árdios de se modelar e executar, tarefa que vem sendo simplificada a cada dia com os avanços tecnológicos. Além disso, ressalta-se que o tempo para processamento pode ser bem extenso (LAW; KELTON, 1991).

4.3. Elementos básicos de um modelo

Para que um modelo de simulação seja construído, são necessários os seguintes elementos básicos, que são essenciais para modelagem em um *software* computacional (KELTON; SADOWSKI; ZUPICK, 2015):

- Entidades:

As entidades são os elementos dinâmicos da simulação, podendo ser criadas pelo modelador ou automaticamente pelo computador. Elas se movimentam pelo sistema, podem mudar seu estado, afetando e sendo afetadas pelos outros elementos do sistema. São análogas aos clientes dos elementos da fila.

- Atributos:

Os atributos são responsáveis por particularizar as entidades, isso é, individualiza-las atribuindo características únicas. Como, por exemplo, atribuição de uma cor ou prioridade a um produto. O mesmo atributo geralmente terá valores diferentes para entidades diferentes, assim como produtos diferentes possuem

validades diferentes. Apesar dos *softwares* rastreamos alguns automaticamente, cabe ao modelador defini-los e alterá-los, se necessário.

- Recursos

Os recursos são os elementos estáticos da simulação, responsáveis por atender as entidades, que competem entre si para obtenção de seus serviços. Assim, uma entidade apreende um recurso quando disponível e o libera quando concluído. Representando unidades ou grupos, podem ser pessoas, máquinas ou até mesmo espaços de armazenamento.

- Variáveis

Uma variável é uma informação que reflete alguma característica relacionado ao sistema representado. Diferindo-se assim, dos atributos, já que não possuem vínculos com uma entidade específica, mas sim, com todo o sistema. As variáveis podem ser internas do *software*, como o número de clientes na fila, ou definidas pelo usuário, como a duração de um turno, por exemplo.

- Filas

As filas são formadas quando uma entidade não consegue se movimentar pelo fluxo do sistema, ocasionando um grupo de espera. Cabendo ao usuário determinar a disciplina de cada uma delas.

4.4. O *software* Arena

Lançado no ano de 1993, pela empresa americana *System Modeling*, posteriormente incorporada pela *Rockwell Software*, o Arena nasce fruto do aperfeiçoamento e fusão entre os programas Siman, primeiro *software* de simulação para computadores, e Cinema, primeiro *software* de animação para computadores (PRADO, 1999). No Brasil, é representada pela Paragon Tecnologia Ltda, funcionando como um ambiente integrado, contendo os recursos necessários para a modelagem de processos, desenho e animação, análise estatística e análise de resultados (PESANHA; ROCHA FILHO; MELO, 2011).

A ferramenta computacional entende o sistema como um conjunto de estações de trabalho, que possuem um ou mais recursos, elementos estáticos, e prestam serviço as entidades, elementos dinâmicos, que percorrem o sistema, através de transportadores,

correias ou pela própria entidade (PRADO, 1999). Seu funcionamento, de forma resumida, consiste na construção do modelo pelo usuário, que descreve todos os elementos estáticos contidos no sistema e as formas que eles se comportam, fundamentado nos conceitos de Teoria das Filas. Quando a simulação inicia, os elementos dinâmicos integram-se ao modelo, interagindo com os já existentes conforme as regras modeladas (FIORONI, 2008).

A modelagem é realizada por meio da programação visual, que consiste na criação do fluxograma do sistema por um diagrama de blocos. Essa programação é feita através da utilização de módulos padrões existentes na ferramenta. Para que o modelo seja gerado corretamente, é necessário que o modelador conheça a função de cada um deles (AOKI, 2018).

Além dos itens descritos na seção 4.3, o Arena conta com as ferramentas de análise de dados de entrada (do inglês, *Input Analyzer*) e de análise dos resultados (*Output Analyzer*, em inglês). Dessa forma, realiza a análise dos dados reais, os transcrevendo através da melhor distribuição probabilística, e possibilita a análise de todos dados coletados durante a simulação, tanto numericamente, quanto graficamente (PRADO, 1999).

5. METODOLOGIA

De acordo com Gil (2002), pesquisar é um procedimento racional e sistemático que tem como finalidade proporcionar respostas a problemas. Assim, é fundamental que todas suas fases sejam planejadas, desde a formulação do problema até a apresentação dos resultados. Nesse aspecto, o presente capítulo apresentará os procedimentos metodológicos para a aplicação da modelagem e simulação do sistema da casa de farinha do Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Osvaldo de Oliveira.

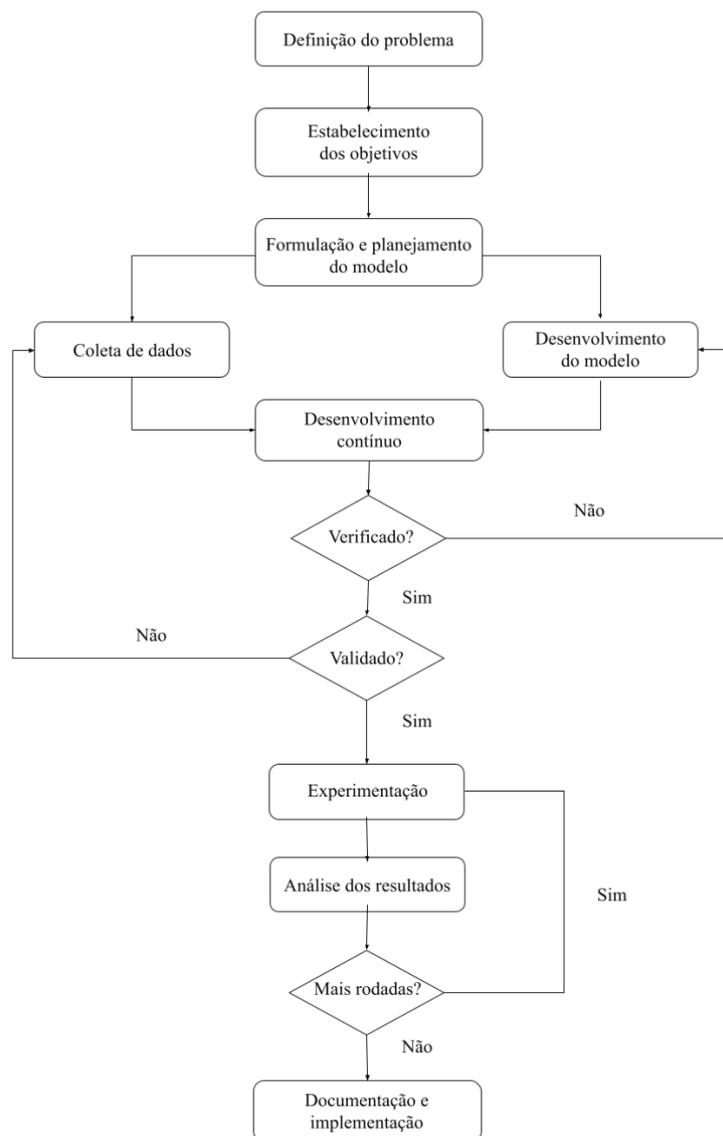
Para a realização da pesquisa, existem uma série de estratégias. Segundo Bruyne, Herman e Schoutheete (1977), existem cinco modos principais de investigação, são eles: estudo de caso, análise comparativa, experimentação em laboratório, experimentação em campo e simulação em computador. Assim, para o desenvolvimento deste estudo foi realizado um estudo de caso em conjunto com a simulação.

O estudo de caso consiste na investigação profunda para se obter conhecimento detalhado sobre um ou mais objetos. Por meio dele é possível descrever a situação do contexto da pesquisa e proporcionar uma visão global do sistema (GIL, 2002). Para a

realização desta pesquisa, a observação direta e do levantamento bibliográfico funcionaram como fonte de evidência.

A fim de se conduzir um estudo de simulação, vários autores, como Aoki (2018), Chwif e Medina (2015), Law e Kelton (1991), Hillier e Liberman (2010), entre outros, sugerem um conjunto de passos, muito similares entre si. Nesse trabalho, foi considerada a metodologia proposta por Aoki (2018), sendo norteado pelas seguintes etapas: definição do problema, estabelecimento dos objetivos, formulação e planejamento do modelo, coleta de dados, desenvolvimento do modelo, verificação e validação, experimentação e análise dos resultados. Por fim, deve-se documentar e implementar na prática. A Figura 14 ilustra a interrelação das etapas.

Figura 14 – Passos de um estudo de simulação



Fonte: Adaptado de Banks *et al.* (2005, p. 13)

5.1. Definição do problema

Todo estudo deve começar com a definição do problema. Essa etapa precisa ser detalhada e clara, estando em acordo com todas as pessoas envolvidas. Caso seja necessário durante o desenvolvimento, o problema poderá ser reformulado (BANKS *et al.*, 2005).

5.1.1. Processo de formação do PDS Osvaldo de Oliveira

Localizado no distrito Córrego do Ouro, região serrana de Macaé, no norte do estado do Rio Janeiro, o PDS Osvaldo de Oliveira constitui pano de fundo para o presente estudo. A área, com cerca de 1.539,76 hectares de terra, antigamente denominada de Fazenda de Bom Jardim, foi considerada improdutiva pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) no ano de 2006, devido ao não cumprimento de sua função social e ambiental nas diretrizes legais (RIBEIRO; SOARES; CÂMARA, 2019).

Até que, no dia 7 de setembro de 2010, teve sua ocupação por aproximadamente 300 famílias, das cidades vizinhas, como Rio das Ostras, Macaé, Cabo Frio e Casimiro de Abreu, organizadas pelo Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) (MONTEIRO, 2014). Após anos marcados por muita luta e resistência das famílias, em 27 de fevereiro de 2014, é assinada a imissão da posse do território para o movimento (BOLETIM MST-RJ, 2014).

Desde então, configura-se uma modalidade de assentamento rural, denominada de “Projeto de Desenvolvimento Sustentável”, criada pela Portaria/INCRA nº 477/99, em que a população tem sua subsistência no extrativismo, na agricultura familiar e em outras atividades de baixo impacto ambiental. Nesse aspecto, o assentamento é baseado na sustentabilidade e promoção de qualidade de vida para a população (INCRA, 1999).

O PDS Osvaldo de Oliveira é o primeiro assentamento dessa modalidade no estado do Rio de Janeiro, fruto da luta dos assentados por novos referenciais produtivos e organizativos. As famílias fundamentam-se nas diretrizes da agroecologia, isto é, na produção orgânica, sem agrotóxicos, transgênicos e insumos químicos, além da cooperação e trabalho coletivo, com a comercialização voltada para a economia solidária e popular (WIGG *et al.*, 2016).

5.1.2. A criação da Casa de Farinha

Frente a tantos desafios, diferentes parceiros, como as universidades mais próximas, surgiram na trajetória do assentamento. Por meio da promoção diferentes ações, tal como, formações e eventos, tornou-se possível aproximar a comunidade acadêmica a questões práticas e reais do processo de reforma agrária.

Nesse contexto, em 2018, durante a 5ª Jornada Universitária em Defesa da Reforma Agrária (JURA), que tem como objetivo a divulgação e debate sobre o tema, ocorreu a aproximação do PDS Osvaldo de Oliveira aos estudantes e professores dos cursos de Engenharia da UFRJ Macaé. Entre os resultados desse encontro, nasceu a parceria entre ambas as partes. Devido sua ementa aberta e pautada na troca entre a comunidade e a universidade, a disciplina APP configurou-se o cenário ideal para a experiência.

Com o começo das aulas de 2018.2, iniciaram-se as discussões acerca da tecnologia social e, em seguida, as visitas ao assentamento, como ilustrado na Figura 15. Entre os pontos levantados na primeira conversa com as famílias assentadas, foi identificado o problema de escoamento da mandioca. Assim, de acordo com as capacidades disponíveis, foi acordada que o projeto da disciplina seria a construção de uma Casa de Farinha, como solução sustentável na destinação dos excedentes produzidos.

Figura 15 – Primeira visita ao assentamento



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

De acordo com o interesse de cada participante, foram divididos grupos para facilitar o processo de planejamento e construção da farinha. Contudo, deve-se destacar

que os avanços nos projetos e toda tomada de decisão foi realizada de maneira conjunta ao assentamento, como pode ser visto na Figura 16 .

Figura 16 – Planejamento da trituradora



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

Entre idas e vindas ao assentamento e ao campus universitário, foi elaborado o planejamento das máquinas, desde os cálculos necessários até o material apropriado. Enquanto os equipamentos eram construídos nos laboratórios de engenharia, o piso e teto da casa estavam sendo preparados no PDS. Ao final do semestre fora realizado o projeto do forno, fabricado o protótipo de uma prensa manual e de uma trituradora alimentada pelo movimento de pedalar de uma bicicleta (LARICCHIA; OLIVEIRA; COSTA, 2021). As etapas destacadas encontram-se ilustradas nas Figura 17 e Figura 18.

Figura 17 – Preparação do terreno para a construção da casa



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

Figura 18 – Construção do protótipo da trituradora



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

No período seguinte, aconteceu a aproximação com o Curso de Nutrição, se iniciando a etapa de aprofundamento nas regulamentações em relação às boas práticas de fabricação da Anvisa, além de ser realizado o transporte das máquinas para o assentamento. É também, nesse momento, que começou o envolvimento da autora com a construção da casa de farinha.

Entre os encontros realizados, ocorreu-se a visita das pessoas envolvidas, tanto da universidade, como do PDS, à casa de farinha da Dona Preta na comunidade de Machadinha, que possibilitou que se conhecesse pessoalmente cada etapa do processo, conforme descrito na Figura 19. Nesse período, os projetos envolviam a construção de uma bomba eólica para levar água até a farinheira, a produção de tijolos feitos de solo e cimento para construção das as paredes, desenho do arranjo físico e discussão da gestão do trabalho coletivo (LARICCHIA; OLIVEIRA; COSTA, 2021).

Figura 19 – Visita à farinheira da Dona Preta



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

Em complemento à disciplina, foi criado o projeto de extensão Laboratório Interdisciplinar de Tecnologia Social (LITS), formado inicialmente por alunos(as) e professores(as) da disciplina APP, com foco no desenvolvimento de tecnologias para atendimento de demandas sociais. Tudo isso possibilitou que fossem conquistados editais de financiamentos direcionados para os projetos.

Durante o segundo semestre de 2019, o PDS ficou responsável pela construção do forno para torrar a farinha. Foi um momento extremamente delicado; visto que, uma outra luta acabara de começar, pois as famílias receberam uma ameaça de despejo devido a um processo de reintegração de posse.

Contudo, no dia do aniversário do assentamento, a trajetória do PDS precisava ser lembrada. Com o forno finalizado, pôde-se fazer farinha pela primeira vez. O momento foi uma grande festa, todas pessoas presentes puderem contribuir para o processo, desde a colheita da mandioca até a torração da farinha. Apesar de possuírem apenas os protótipos da trituradora e a prensa completos, além do forno manual, foi possível a utilização de utensílios domésticos para a farinhada, como visto nas Figura 20 e Figura 21.

Figura 20 – Mutirão de inauguração da casa de farinha



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

Figura 21 – Forno manual da farinha



Fonte: Acervo de fotos do LITS (2019)

Os passos e conversas seguintes estavam relacionados às lições aprendidas e melhorias necessárias para a farinha. Com o avanço da pandemia do Covid-19 e necessidade de isolamento social, o projeto teve que desacelerar. Além das incertezas em relação ao vírus; o contato, que antes era realizado pessoalmente, deveria ser feito de maneira remota. Ressalta-se ainda que, são raros os pontos em que o sinal de celular funciona naquela área e são poucas as pessoas do assentamento que dispõem dos aparelhos móveis em casa, dificultando ainda mais a comunicação.

Atualmente, com a vacinação e melhora do cenário pandêmico, novas frentes de trabalho foram abertas. Com o retorno às aulas presenciais, tem-se desenvolvido o projeto de instalação de placas solares para alimentação da casa e o planejamento de um novo maquinário para a farinha. Deve-se salientar, que as frentes escolhidas são frutos da demanda dos assentados, que identificaram a necessidade de um maquinário automatizado a fim de melhorar a capacidade de produção da casa de farinha.

Diante desse novo cenário, torna-se necessário estudar as particularidades do processamento de mandioca e entender a capacidade produtiva da farinha, considerando a implementação do novo sistema automatizado. Nesse sentido, configura-se o presente trabalho, que pretende propor um modelo de simulação para a casa de farinha, por meio do qual, será possível mapear os processos de produção, analisar o fluxo da matéria-prima e de seus resíduos, e, ainda, ser utilizado como uma ferramenta de diálogo com os assentados, norteando conversas acerca da gestão na casa, desde

capacidade produtiva, quantidade de pessoas que devem trabalhar, definição de responsabilidades, entre outros.

5.2. Estabelecimento dos objetivos

Assim que definido o problema, deve-se estabelecer quais os objetivos o estudo deve atingir para que o mesmo possa ser solucionado. Como destacado na seção 1.1., nesta pesquisa, o modelo de simulação tem como objetivo representar o funcionamento da casa de farinha do assentamento. Para que assim, se analise, modele e simule virtualmente o sistema da farinha, possibilitando a identificação da capacidade produtiva da farinha e do gargalo da produção, permitindo o dimensionamento do quantitativo ideal de pessoas para trabalharem na casa e auxiliando no diálogo com os assentados a respeito do funcionamento e gestão da casa.

5.3. Formulação e planejamento do modelo

Nessa etapa, deve-se desenvolver uma estrutura conceitual do modelo, como dito anteriormente, o modelo abstrato que está na mente do simulador se transforma em um modelo conceitual claro para todas partes envolvidas. Dessa forma, é fundamental que usuário do sistema esteja incluso durante essa etapa.

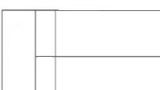
As representações gráficas do sistema a ser estudado podem ser utilizados para proporcionar uma visão geral, além de permitirem uma sistematização para a coleta de dados pertinentes a cada local ou recurso. O estabelecimento dos fluxos e interações podem ser adicionados para facilitar o entendimento (BATEMAN, R. E. *et al.*, 2013).

Nesse aspecto, foi desenvolvido um fluxograma das etapas do beneficiamento da mandioca em farinha afim de se mapear, medir e desenhar o processo de maneira clara e de fácil visualização. Para tal, foi utilizada a Notação Padrão para Modelagem de Processos de Negócio (em inglês, *Business Process Model Notation*, BPMN), que proporciona mapeamento das atividades de forma aberta e padronizada, compreensível para todos os usuários (CANELLO, 2015).

A notação, criada pela *Business Process Management Initiative* (BPMI), apresenta um conjunto robusto de símbolos para modelagem de processos, permitindo a indicação de eventos de início, meio e fim; fluxo e comunicação entre atividades; entre outros (ABPMP, 2013). Por meio *software Bizagi Process Modeler*, ferramenta gratuita de modelagem de processos disponibilizada pela empresa *Bizagi*, foi possível construir o

fluxograma da farinha utilizando a notação BPMN. Os principais símbolos utilizados na notação encontram-se descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Símbolos básicos da notação BPMN no Bizagi

Categoria		Símbolo	Descrição
Evento	O evento é algo que ocorre durante o curso de um processo.		Indica o início do processo.
			Indica o fim do processo.
			Indica um evento intermediário.
Atividade	A atividade é um termo genérico para um trabalho executado.		Indica uma tarefa.
			Indica um subprocesso.
Artefato	O artefato é utilizado para fornecer informações adicionais.		Indica um documento.
			Indica um texto explicativo.
Portão	O portão é usado para controlar a divergência e convergência de fluxos de sequência.		Indica uma decisão em que somente um caminho pode ser escolhido.
			Indica uma decisão em que ambos caminhos podem ser escolhidos paralelamente.
Objeto de conexão	O objeto de conexão demonstra o fluxo das atividades ou artefatos.		Indica o fluxo de sequência.
			Indica o fluxo de mensagem.
Raia	A raia organiza as atividades e artefatos em categorias.		Indica uma subdivisão dentro do processo

Fonte: Adaptado de Canello (2015, p. 9-11) e OMG (2011, p. 29-40)

Para a formulação e planejamento do modelo da casa de farinha do assentamento, foram realizados estudos acerca da produção da farinha de mandioca torrada. Além de visitar à casa de farinha da comunidade Machadinha, foi possível acompanhar uma farinhada no PDS Osvaldo de Oliveira. Dessa forma, em paralelo a conversas com pessoas que entendiam sobre o processamento, pôde-se observar prática o funcionamento das farinheiras.

5.4. Coleta de dados

De acordo com os objetivos do estudo, estabelece-se os tipos de dados necessários para a coleta. Se o objetivo for entender sobre a duração das filas de espera à medida que o número de caixas de um banco muda, por exemplo, deverão ser coletados as distribuições de taxa de chegada de clientes, taxa de atendimento dos caixas, entre outros (BANKS *et al.*, 2005). Ressalta-se que a coleta de dados é um processo contínuo. De acordo com o progresso do estudo, melhorias podem ser incorporadas (BATEMAN, R. E. *et al.*, 2013).

Em alguns casos, as organizações possuem as informações arquivadas de como o sistema opera, tal como, o tempo de serviço de determinado posto de trabalho. Contudo, se não existirem dados disponíveis, o modelador pode reunir informações por si próprio ou conseguir assistência adicional daqueles mais familiarizados com o sistema (BATEMAN, R. E. *et al.*, 2013). Em seguida, deve-se obter a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta aos dados coletados. Atualmente, existem uma gama de programas disponíveis para isso (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Quando o sistema ainda não existe por completo, como o caso da farinheira estudada, tem-se um grande desafio. Nessa situação, os dados podem ser coletados por meio das especificações técnicas dos fornecedores dos equipamentos e de outros vendedores possam ser usadas. Se possível, para garantir mais consistência, dados de sistemas já existentes podem ser utilizados, desde que haja tamanha similaridade. Ainda, pessoas especialistas da área podem ser consultadas (BATEMAN, R. E. *et al.*, 2013). Atualmente, como já destacado, o PDS Osvaldo de Oliveira possui o protótipo da trituradora, a prensa e o forno manual para a produção de farinha. Nesse sentido, apesar de funcional, a casa de farinha encontra-se ainda em fase de melhoria, impossibilitando, assim, a coleta dos dados reais para representação do sistema automatizado.

Dessa forma, foi utilizado como estratégia, a pesquisa por dados secundários, orientados pela consulta de dados técnicos das máquinas similares as que serão implantadas no assentamento. Posteriormente, com a finalização da farinha, será necessária a coleta dos dados reais e inserção no modelo proposto.

5.5. Desenvolvimento do modelo

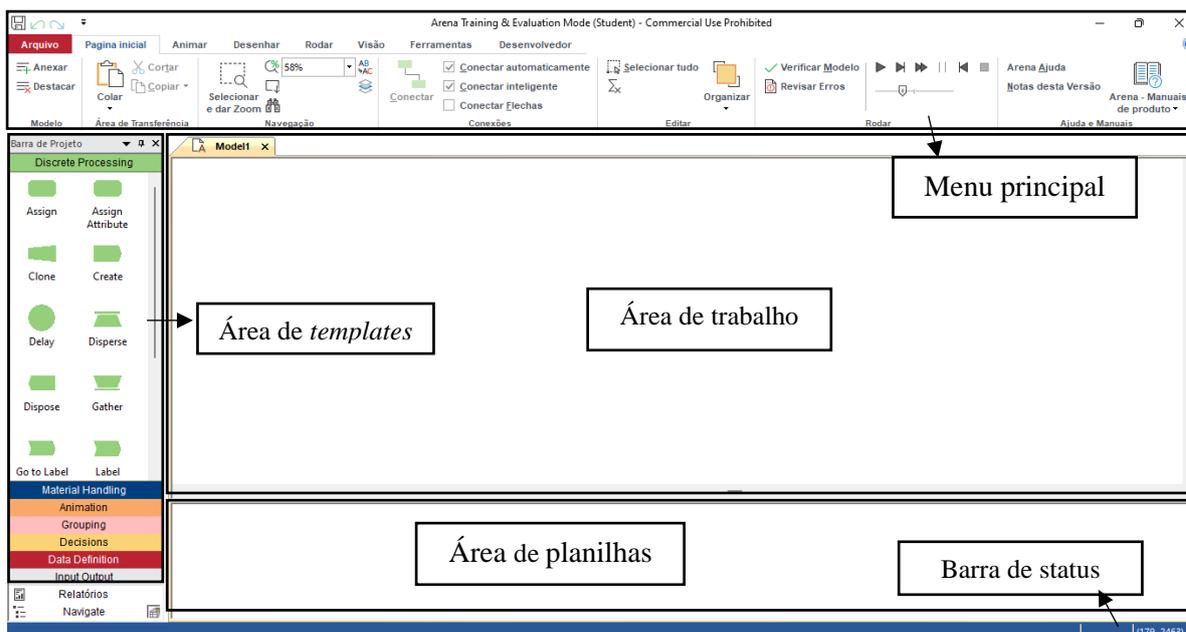
A grande maioria dos sistemas reais resulta em modelos portadores de uma grande quantidade de informações, necessitando assim, de um computador para seu processamento (BANKS *et al.*, 2005). O desenvolvimento do modelo consiste na codificação do mesmo, que se expressa na tradução do modelo para a linguagem computacional (KAWANO B.; KAWANO R., 2014). Assim, o modelo conceitual torna-se computacional.

Geralmente, o modelo é formulado em termos de diagrama de fluxo reunindo os diferentes componentes do sistema. Por meio de regras, como a distribuição de probabilidades, para determinar o funcionamento de cada um dos componentes e os eventos que neles vão ocorrer. É necessário que o modelo contenha detalhes suficientes representantes da essência do sistema (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Entre os softwares disponíveis para a codificação, estão os simuladores orientados a aplicações, desenvolvidos para simular tipos bastante específicos de sistemas. Eles são capazes de construir uma simulação pelo uso de blocos de modelagem pré-definidos, se a necessidade da programação em si. Além disso, nos últimos anos, foi criado o recurso de animação, que permite que o sistema seja representado na tela do computador por meio de ícones, que mudam de forma, cor ou posição quando acontece uma alteração no estado do sistema de simulação. (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Para o desenvolvimento do modelo da casa de farinha, utilizou-se o simulador Arena, versão 16.0, que permite tanto a modelagem e simulação de eventos discretos, como animação dos mesmos. A fim de representar melhor a realidade, foi utilizada a extensão *Arena Visual Designer*, que permitiu que fosse realizada uma animação tridimensional do sistema. Salienta-se que, todas as ferramentas utilizadas pertenciam a versão livre do pacote disponível para estudantes, que, apesar de similar a versão profissional, possui algumas limitações que serão discutidas mais à frente.

Figura 22 – Ambiente de trabalho do Arena 16.0



Fonte: Adaptado de Prado (2010, p. 44)

O ambiente de trabalho do *software* encontra-se ilustrado na Figura 22. O Arena disponibiliza uma série de blocos já programados para codificação do modelo. De maneira bem resumida, alguns dos blocos disponibilizados encontram-se descritos na

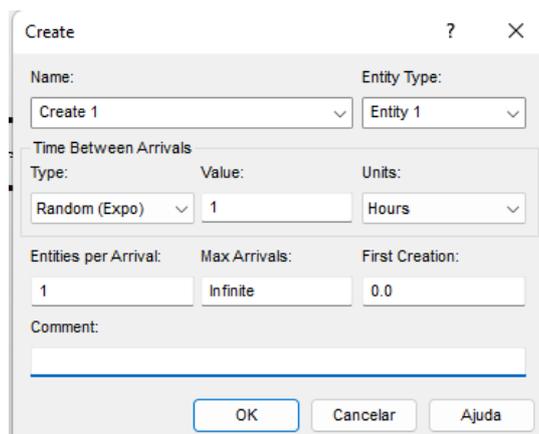
Tabela 2, que possibilitam a descrição do processo. É necessário que se insiram os dados referentes a cada módulo utilizado, um exemplo pode ser visto na Figura 23.

Tabela 2 – Módulos básicos do Arena

Categoria		Símbolo	Descrição
Processos discretos	Possibilitam a inserção de processos discretos.	 Create	Indica o início do fluxo e criação de entidades.
		 Dispose	Indica o fim do fluxo.
		 Station	Indica uma estação de trabalho.
		 Process	Indica um processo.

		 Delay	Indica uma espera.
		 Assign	Indica a alteração de um parâmetro ou variável.
Manuseio de materiais	Possibilitam a inserção de elementos de manuseio.	 Leave	Indica a transferência de uma entidade a uma estação.
Decisões	Possibilitam a entidade decidir como prosseguirá o fluxo.	 Decide	Indica uma decisão.
Agrupamentos	Possibilitam o agrupamento de entidades em grupos ou a separação dos grupos em entidades.	 Adjustable Batch Batch	Indicam o agrupamento de um lote, podendo ser ajustável ou não.
		 Separate	Indica a separação de um lote.
Definição de dados	Possibilitam a edição dos dados na área de planilhas.	 Entity	Indica a edição de entidades.
		 Resource	Indica a edição de recursos.

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 23 – Edição do módulo *Create*

Fonte: Autoria própria (2022)

Por fim, para o desenvolvimento da animação do modelo no *Visual Designer*, foi necessário que todo o ambiente e recursos da farinheira fossem modelados tridimensionalmente. O ambiente de trabalho na extensão está descrito na Figura 24.

Figura 24 – Ambiente de trabalho do *Visual Designer*

Fonte: Autoria própria (2022)

Além dos componentes desenhados pelos integrantes do LITS, bibliotecas virtuais e acervo de animações disponibilizada no próprio Arena, foi utilizado o *software SketchUp 2022*. A versão empregada do programa de modelagem 3D consistia em uma demonstração gratuita de 30 dias.

5.6. Verificação e validação

Nesse momento, o modelo computacional já está de acordo com o que o modelador pretende. Assim, ocorre-se a verificação dele, rodando-se a simulação e monitorando-se sua operação. Ao se obter as variáveis de saída conforme os objetivos estabelecidos, tem-se um importante indicativo de veracidade do modelo (BATEMAN, R. E. *et al.*, 2013).

Se os parâmetros de entrada e saída, a lógica e estrutura do modelo estão corretamente representadas no computador, a verificação foi concluída. Se necessário, o modelo deve ser reformulado (BANKS *et al.*, 2005). Já a validação consiste na certificação de o que foi programado corresponde ao sistema real. Caso existam discrepâncias, devem ser realizadas as correções (KAWANO B.; KAWANO R., 2014).

Segundo Chwif e Medina (2015), existem variadas técnicas que podem facilitar a execução dessa etapa. Para verificação, que nada mais é que a retirada de *bugs* do modelo computacional, alguns dos meios que podem ser utilizados são: a verificação modular, que consiste na implementação de parte a parte do modelo, rodando cada parte individualmente e, só seguindo para a próxima se a última estiver correta; a simulação manual, que apesar de custosa, permite que se tenha uma percepção maior sobre a correspondência do modelo computacional e conceitual; a utilização do *debugger* ou depurador, que muitas das vezes já vem implementado dentro do programa de simulação e a revisão em grupo, que possibilita que terceiros visualizem se o modelo está funcionando de maneira adequada.

Entre as técnicas que podem ser utilizadas para a validação do modelo estão: a validação *black-box*, também conhecida como Teste de Turing, que consiste em convidar uma pessoa especialista do sistema que foi simulado e apresentá-la dois conjuntos de dados de saída, um do sistema real e outro do simulado, o modelo é validado se a pessoa não souber diferenciar qual é qual; a comparação por meio de técnicas estatísticas entre dados históricos com os simulados; a comparação com modelos já simulados anteriormente; a análise de sensibilidade e a validação “face a face”, acontece quando a pessoa que construiu o modelo discute com quem realmente entende do modelo simulado (CHWIF; MEDINA, 2015).

Ainda, os autores destacam que, em caso de sistemas novos, que não entraram em funcionamento ainda, como no presente trabalho, a validação é muito mais difícil por não existirem dados históricos do sistema. Harrel *et al.* (2002) destaca que etapa deve ser realizada de maneira conjunta com a pessoa responsável pelo modelo e aquelas

familiarizadas com o processo. De acordo com Sargent (2013), além das técnicas já apresentadas, a animação do modelo pode ser uma boa estratégia, visto que, permite que o comportamento operacional do modelo seja exibido graficamente à medida que o tempo evolui. Porém, normalmente, apenas um intervalo de tempo relativamente curto pode ser observado, o que pode resultar em que nem todos os comportamentos sejam vistos.

Nesse sentido, tanto a verificação como a validação do modelo podem ser facilitadas com a animação, que permite que se verifique visualmente e de maneira instantânea se está tudo correto e de acordo com a realidade. Por outro lado, segundo Sargent (2013), a decisão das técnicas a serem utilizadas na validação e verificação do modelo, sejam objetivas ou subjetivas, pertence a equipe de desenvolvimento e partes interessadas. Por fim, deve-se ressaltar que os modelos complexos, é quase impossível, traduzir um modelo com sucesso em sua totalidade sem muita depuração (BANKS *et al.*, 2005).

Para a verificação do modelo proposto da casa de farinha do assentamento, foi utilizado o depurador presente dentro do próprio Arena. Como não haviam dados históricos disponíveis, os resultados obtidos durante a simulação proposta não foram validados frente a anteriores. Por fim, foi realizada uma animação afim de representar tridimensionalmente o funcionamento da casa, complementando a realização da etapa de verificação e validação visual do modelo.

5.7. Experimentação

Após a verificação e validação, o modelo torna-se operacional e pronto para ser utilizado. Na experimentação ocorrem as replicações do modelo segundo os cenários desejados e objetivos pretendidos. É necessário que o número de replicações e a variação dos resultados de saída sejam considerados para a obtenção de uma amostragem estatística confiável. (BATEMAN, R. E. *et al.*, 2013; CHWIF; MEDINA, 2015; KAWANO B.; KAWANO R., 2014).

Como o foco do estudo consiste na criação do modelo computacional para futura aplicação na farinha do PDS, não existe, nesse momento, a necessidade de múltiplas replicações propondo diferentes cenários. Dessa forma, a etapa de experimentação resume-se a executar o programa no Arena uma vez, afim de obter uma simulação do modelo após sua configuração. Ressalta-se que, quando dados reais da farinha puderem ser coletados, uma nova experimentação será realizada.

5.8. Análise dos resultados, documentação e implementação

Por fim, as execuções da simulação irão fornecer as estimativas estatísticas das medidas de desempenho desejadas para cada configuração de sistema. O projeto deverá ser documentado por meio de um relatório sintetizado a forma como o estudo foi conduzido. Além disso, uma animação da simulação realizada pode ser incluída para melhor transmitir o processo, facilitar a comunicação e acrescentar credibilidade (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

Destaca-se que, um relatório da simulação é gerado ao final de cada rodada do Arena. Para uma melhor organização, as análises dos resultados obtidos encontram-se descritas na seção seguinte. Assim como, as próximas etapas do presente estudo e as limitações encontradas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo de simulação proposto tem como finalidade o mapeamento e análise do sistema automatizado da casa de farinha do assentamento Osvaldo de Oliveira, possibilitando que se examine o gargalo do processo produtivo, se identifique o fluxo da matéria-prima e dos principais resíduos gerados, além de funcionar como um instrumento de diálogo a respeito da gestão da farinha com os assentados, auxiliando no processo de tomada de decisão. Nesse aspecto, o presente capítulo irá detalhar seu processo de construção conforme os procedimentos metodológicos descritos e apresentará os resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa.

6.1. Formulação e planejamento do modelo da casa de farinha do assentamento

Com a problemática e objetivo do estudo definidos, foi desenvolvido o fluxograma das etapas de produção de farinha para facilitar a compreensão do funcionamento do sistema e transcrição do modelo abstrato para conceitual. Para a confecção do mesmo, foi utilizada a notação BPMN, devido sua simplicidade e facilidade de comunicação com os usuários.

No Anexo I, pode ser observado o mapeamento detalhado do processo mecanizado de beneficiamento, com as principais entradas e saídas, que serão melhores explicitas a seguir. Cada parte do processo foi analisada e discutida conjuntamente com as famílias assentadas, a fim de que o fluxo representasse a realidade da farinheira do PDS.

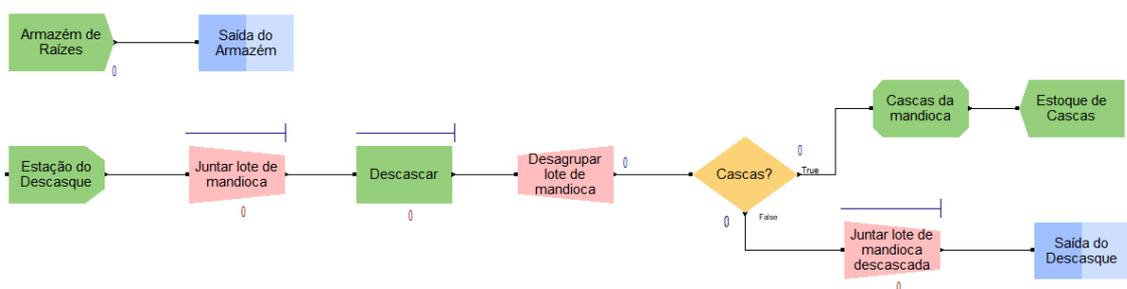
6.2. Coleta de dados e desenvolvimento do modelo da farinha

Como próximo passo, realizou-se a codificação do modelo. Por meio do *software* Arena, foi possível passar o modelo conceitual para computacional, utilizando-se de blocos de modelagem pré-definidos. O modelo desenvolvido pode ser visualizado, por completo, no Anexo II.

De maneira geral, o processo segue o padrão descrito na seção 2.2.1. Em resumo, inicia-se na chegada das mandiocas do armazém para processamento e segue para a estação de descasque, na qual, são agrupadas em lote para serem descascadas conjuntamente em uma máquina de descascar, conforme descrito na Figura 25.

Nesse momento têm-se um importante resíduo do processo, que são as cascas, que apesar de não servirem para comércio, podem ser aproveitados para alimentação de animais, por exemplo. Ao final da etapa, armazena-se novamente a mandioca nas caixas.

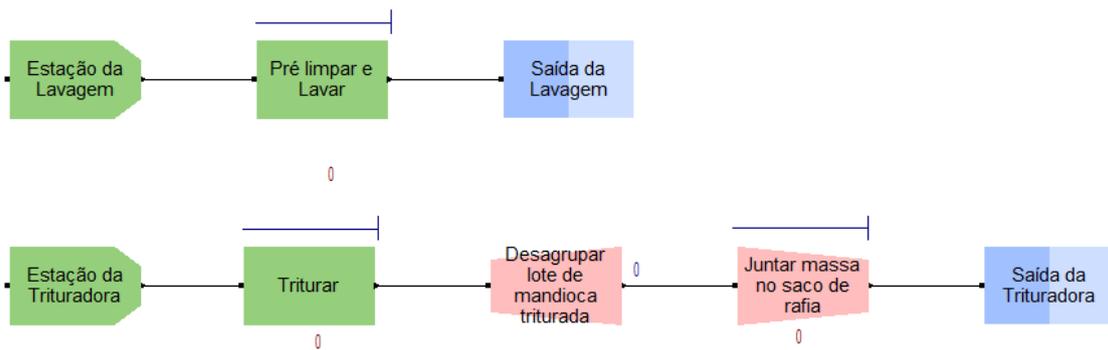
Figura 25 – Modelo conceitual: Início do processo de beneficiamento



Fonte: Autoria própria (2022)

O lote com as mandiocas descascadas é transportado para a estação de lavagem, a qual consiste na pré-limpeza e lavagem do tubérculo. Durante a pré-limpeza do tubérculo, os resquícios do descasque são retirados manualmente com o auxílio de uma faca. No segundo momento, submerge-se as raízes na caixa d'água para completar a lavagem. Em seguida, encaminham-se as mandiocas limpas para a estação da trituradora, onde são trituradas e colocadas em sacos de rafia para prosseguirem para a prensagem. O modelo conceitual das etapas de lavagem e trituração encontra-se ilustrado na Figura 26.

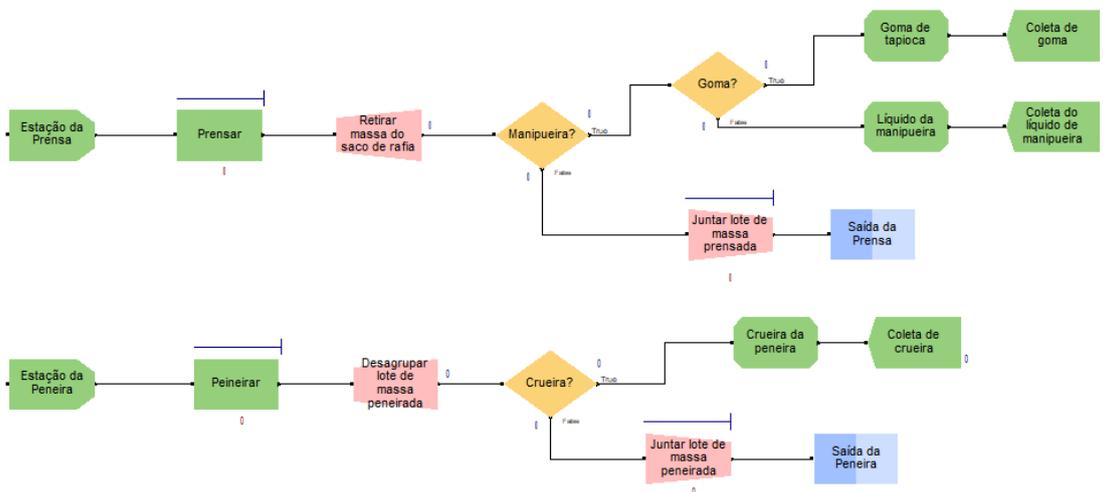
Figura 26 – Modelo conceitual: Lavagem e trituração



Fonte: Autoria própria (2022)

Na fase da prensagem, tem-se mais um efluente do processo, a manipieira. O líquido altamente viscoso recebe o tratamento adequado, tornando-se a goma, subproduto da mandioca, que pode ser utilizada para fazer tapioca, por exemplo. O líquido restante é coletado, uma alternativa pode ser transformá-lo em fertilizante. Ao final da prensagem, transfere-se a massa saco de rafia para outro recipiente e continua-se o caminho para a peneira. Durante o esfrelamento têm-se a geração da crueira, que são os grumos de massa que ficam presos na peneira. O fluxo pode ser visualizado na Figura 27.

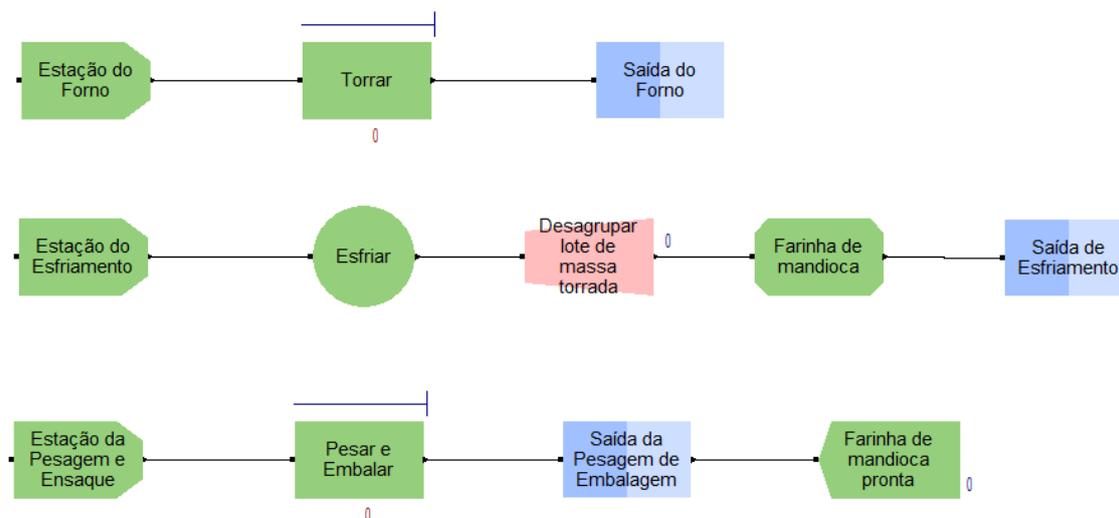
Figura 27 – Modelo conceitual: Prensagem e peneiramento



Fonte: Autoria própria (2022)

Por fim, a massa peneirada é transportada para o forno, onde é torrada e levada para a estação de esfriamento. Nesse momento, a farinha de mandioca está pronta para o consumo. Em seguida, a mandioca deve ser pesada e embalada para sua venda, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 – Modelo conceitual: Fim do processo de beneficiamento



Fonte: Autoria própria (2022)

Em paralelo a codificação, foi realizada a coleta de dados referentes as etapas do processamento, que serviram de entrada para o modelo computacional. O fato de a automatização da casa de farinha ainda estar na fase de planejamento, fez com que a coleta de dados presencial fosse impossibilitada. Como alternativa, conforme destacado na seção 5.4., por meio de um levantamento com fabricantes de máquinas para farinheiras, mapeou-se as especificações técnicas de equipamentos similares aos que serão implementados no sistema. Nesse caso, entende-se o comportamento de cada um desses processos como constante. Os valores encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Capacidade produtiva do maquinário

Processo	Capacidade Produtiva	Comportamento
Descascar	600 kg/h	Constante
Triturar	400 kg/h	Constante
Prensar	300 kg/h	Constante
Peneirar	400 kg/h	Constante
Torrar	150 kg/h	Constante

Fonte: Indústria Santa Cruz (2022)

Para as etapas que não são realizadas de maneira automatizada, que são a pré-limpeza e lavagem, o esfriamento e a pesagem e embalagem, foi realizado um levantamento bibliográfico e conversas com pessoas que conhecem o processo, a fim de

entender suas durações. Da mesma maneira, coletou-se as informações da porcentagem de resíduo que é gerado em cada etapa do processo, a fim de permitir uma melhor visualização, encontram-se descritos na Tabela 4. Em relação a goma, ressalta-se que, cerca 7% do coletado de manipueira torna-se o subproduto (FERNANDES; LEITE; MOREIRA, 2006; MODESTO JUNIOR; ALVES, 2015; TSCHOEKE *et al.*, 2017).

Tabela 4 – Porcentagem de resíduo gerado em cada etapa

Resíduo	Percentual
Cascas	18 %
Manipueira	30 %
Crueira	24 %

Fonte: Autoria própria (2022)

O tempo de deslocamento entre as estações de trabalho também foi considerado, determinou-se um intervalo de 5 minutos para cada transferência. Além disso, deve-se considerar que cada caixa do assentamento transporta 28,5 kg de mandioca, assim como o saco de rafia utilizado na prensa.

De posse das informações, foram inseridos os dados no modelo conceitual. Como primeiro passo, definiu-se a taxa de chegada da matéria-prima ao beneficiamento no processo. Devido à natureza desse tipo de processamento, os assentados realizam toda colheita da mandioca e levam para a casa de farinha, onde aguardam até o início de processo. Desse modo, a quantidade de matéria-prima varia de acordo com a colheita, sendo as unidades inseridas no processo de maneira simultânea.

Ainda, deve ser considerado, que as famílias do PDS adotam como estratégia a produção por lotes, isto é, por ciclos geralmente de 8 caixas de mandioca, cerca de 228 kg por vez, quantas vezes for necessário. Contudo, por causa de uma restrição proveniente do pacote de estudantes do *software*, que limita a criação de 150 entidades simultâneas, optou-se por reduzir o lote gerado para 114 kg, isto é, 4 caixas do tubérculo. A configuração dessa taxa de chegada é realizada no módulo *Create*, destacada na Figura 29.

Figura 29 – Configuração do módulo *Create*

Fonte: Autoria própria (2022)

Para que a entidade prossiga para o próximo destino, foi utilizado o bloco *Leave*. Para sua configuração, deve-se inserir o tempo de deslocamento e a estação de destino. Em conjunto com ele, foi definido também o bloco *Station*, que possibilita a entrada da entidade na nova estação de trabalho. Além de permitirem a locomoção das entidades, possibilitam a visualização dessa movimentação na hora de animar o modelo. A configuração destes encontra-se ilustrada na Figura 30.

Figura 30 – Configuração dos módulos *Leave* e *Station*

Fonte: Autoria própria (2022)

Por causa da capacidade disponível das máquinas das farinhas, a maior parte do processo de fabricação de farinha é realizado por meio de lotes. Por meio dos blocos *Batch* e *Adjustable Batch*, esse agrupamento torna-se possível, além das opções disponíveis no primeiro, o último ainda permite que lotes incompletos sejam formados, caso o tempo máximo definido pelo usuário extrapole. Assim, definiu-se o tamanho do lote, o critério utilizado para que fossem agrupados, se o mesmo pode ser desfeito ou não, e, por fim, quando necessário, o tempo máximo de espera, mostrados na Figura 31.

Figura 31 – Configuração dos módulos *Batch* e *Adjustable Batch*

The image shows two side-by-side configuration windows. The left window is titled 'Batch' and the right window is titled 'Adjustable Batch'. Both windows have a similar layout with various input fields and dropdown menus.

Batch Configuration:

- Name: Juntar lote de mandioca
- Type: Temporary
- Batch Size: 114
- Save Criterion: Last
- Rule: Any Entity
- Representative Entity Type: (empty)
- Comment: (empty)

Adjustable Batch Configuration:

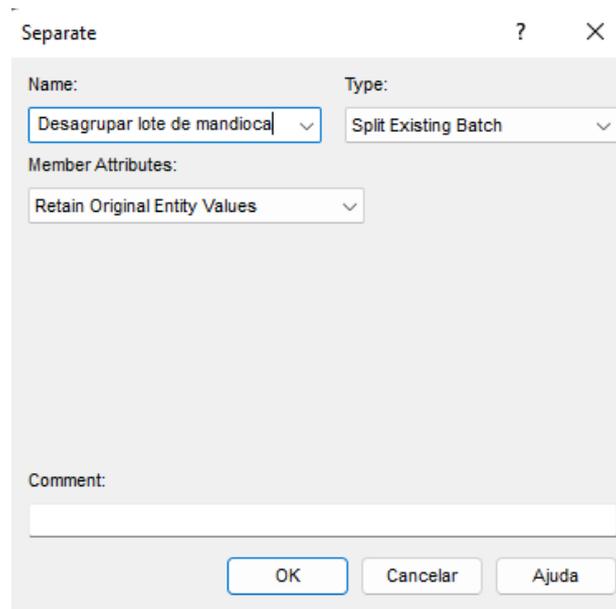
- Name: Juntar lote de mandioca desc
- Type: Temporary
- Preferred Batch Size: 144
- Save Criterion: Last
- Representative Entity Type: (empty)
- Partial Batch Method: Maximum Wait Time
- Maximum Wait Time: 8
- Units: Minutes
- Comment: (empty)

Both windows have 'OK', 'Cancelar', and 'Ajuda' buttons at the bottom.

Fonte: Autoria própria (2022)

Destaca-se que, a escolha por utilizar o *Adjustable Batch*, ocorreu por causa das perdas ocorridas ao decorrer do processo, impossibilitando que se estabeleça o valor preciso para cada lote. Nesse aspecto, permite que agrupamentos parciais sejam realizados para que o fluxo não seja interrompido, considerando um tempo de espera máximo de 8 minutos. Porém, o fato de não ser conhecida a capacidade máxima de cada máquina, dificultou o estabelecimento dos lotes para cada etapa. Como estratégia, foi considerado o limite de 114 kg para cada lote, visto que, é a quantidade máxima de entidades do processo. Isso ocorreu com exceção do saco de rafia, que se definiu a capacidade máxima de 28,5 kg.

Em conjunto com os módulos para agrupar, têm-se o bloco *Separate*, que permite que os lotes temporários sejam desfeitos e prossigam o processamento. A configuração dele encontra-se ilustrada na Figura 32.

Figura 32 – Configuração do módulo *Separate*

The image shows a software configuration dialog box titled "Separate". It features a title bar with a question mark and a close button. The main area contains three dropdown menus: "Name" (set to "Desagrupar lote de mandioca"), "Type" (set to "Split Existing Batch"), and "Member Attributes" (set to "Retain Original Entity Values"). Below these is a "Comment" text box. At the bottom, there are three buttons: "OK", "Cancelar", and "Ajuda".

Fonte: A autoria própria (2022)

O módulo *Process* foi utilizado para representar o processo pelo qual a entidade passaria, como o ato de descascar, por exemplo. Ele carrega os recursos responsáveis por realizar a atividade. Para configuração do mesmo deve-se definir o tipo de processamento que ocorrerá dentro do módulo e a taxa de atendimento, ilustrado na Figura 33.

Em resumo, a lógica escolhida consiste em, quando a entidade entra no módulo, ela primeiro ocupa o recurso, do inglês *Seize*. Depois disso, é processada, representada pelo *Delay*. Por último, libera o recurso para a próxima da fila, isto é, *Release*. Desse modo, ocasiona a formação de fila enquanto as entidades aguardam seu processamento.

Figura 33 – Configuração do módulo *Process*

Fonte: Autoria própria (2022)

Já o módulo *Delay* foi utilizado a fim de representar um processo que ocorre apenas a espera em determinado período de tempo, no caso, o resfriamento da farinha, sem necessidade da formação de filas e um recurso responsável. Assim, foi definido o tempo de espera daquele processo, representado na Figura 34.

Figura 34 – Configuração do módulo *Delay*

Fonte: Autoria própria (2022)

Ainda, conhecidos os percentuais dos principais efluentes geradas em cada etapa da fabricação, procedeu-se a representação das saídas. Por meio do módulo *Decide*, que

permite tomada de decisão no sistema, de forma binária ou não, foi possível configurar a porcentagem de matéria que continuaria no fluxo ou seria transformada em dado resíduo ou subproduto, como no caso da goma, sua encontra-se descrita na Figura 35.

Figura 35 – Configuração do módulo *Decide*

The image shows a software dialog box titled "Decide". It has a "Name:" field with the text "Cascas?" and a "Type:" dropdown menu set to "2-way by Chance". Below this is a "Percent True (0-100):" field with a dropdown set to "10" and a "%" symbol. At the bottom, there is a "Comment:" text area and three buttons: "OK", "Cancelar", and "Ajuda".

Fonte: Autoria própria (2022)

Como destacado, no momento em que uma entidade passa por determinados processos na produção de farinha, ela pode se transformar em subprodutos e ocasionar resíduos. Para que essas transformações fossem evidenciadas, utilizou-se o módulo *Assign*, ilustrado na Figura 36, que permite a alteração do parâmetro desejado, no caso, da entidade.

Figura 36 – Configuração do bloco *Assign*

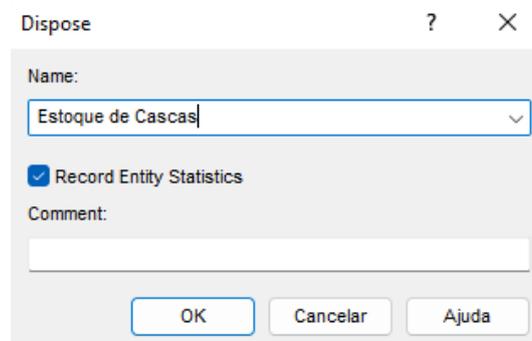
The image shows a software dialog box titled "Assign". It has a "Name:" field with the text "Casca da mandioca". Below this is a list box labeled "Assignments:" containing "Entity Type, Cascas" and "<End of list>". To the right of the list box are three buttons: "Adicionar...", "Editar...", and "Excluir". At the bottom, there is a "Comment:" text area and three buttons: "OK", "Cancelar", and "Ajuda".

Fonte: Autoria própria (2022)

A fim de indicar o término do fluxo para entidades no modelo de simulação, foi utilizado o módulo *Dispose*, configurado na Figura 37. Além de utilizado para representar

o final do processo de fabricação, também foi empregado na identificação dos resíduos e subprodutos da casa de farinha.

Figura 37 – Configuração do bloco *Dispose*

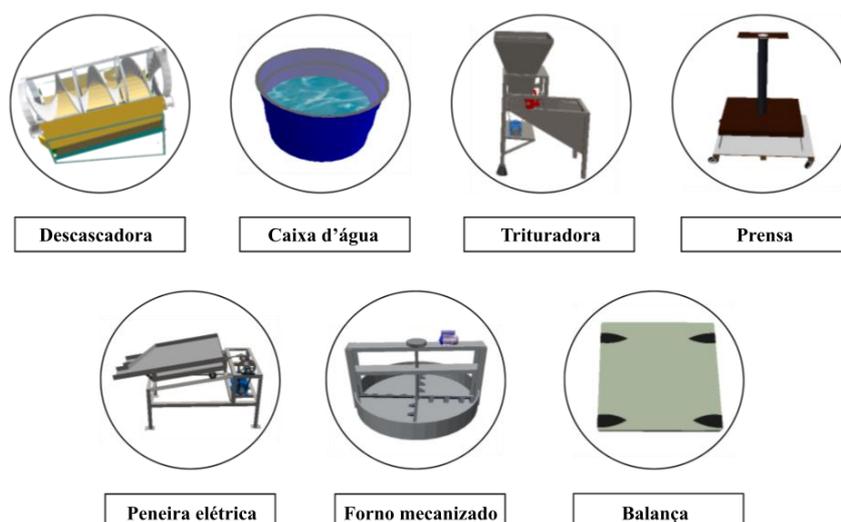


Fonte: Autoria própria (2022)

Após a configuração de todos os módulos na representação do sistema da casa de farinha do assentamento, foi realizada a animação no *Visual Designer*, extensão do pacote. Por representar de maneira mais próxima a realidade, optou-se por animar tridimensionalmente. Para tal, foi considerado o *layout* e os recursos pretendidos. O resultado da animação pode ser visualizado no ANEXO III.

Destaca-se que, as setas em azul representam o fluxo percorrido pela matéria-prima e as linhas, também azuis, similares a letra T, representam o espaço destinado a formação de filas para cada operação. Além disso, para melhor identificação, as máquinas utilizadas encontram-se desenhadas na Figura 38.

Figura 38 – Desenhos dos principais recursos utilizados



Fonte: Autoria própria (2022)

6.3. Verificação, validação e experimentação

Durante a realização do modelo de simulação da farinha, o próprio *software* Arena possibilitou que a verificação fosse realizada. Por meio do depurador presente no programa, foi possível a identificação e eventuais correções dos erros na sequência lógica dos módulos do modelo.

Como não haviam dados históricos disponíveis para comparações, os resultados não puderam ser validados frente a anteriores. O modelo foi apresentado para professores que participam do projeto de elaboração da farinha como alternativa. Ainda, a animação do fluxo proposto possibilitou que a verificação e validação fossem realizadas no momento do desenvolvimento.

Para mais, a experimentação do modelo desenvolvido constitui na execução do modelo configurado no Arena. Como as distribuições de probabilidade para os processos foram constantes, replicar o modelo com as mesmas entradas torna-se irrelevante. Nesse aspecto, a etapa de experimentação deverá ser realizada novamente em um trabalho futuro.

6.4. Análise dos resultados, documentação e implementação do modelo

Por meio do relatório disponibilizado pelo Arena ao final da simulação, foi possível analisar o comportamento do processo. Contudo, salienta-se mais uma vez, que os dados inseridos foram coletados por meio de especificações de fabricantes e levantamento bibliográfico, em sua maioria. Como estratégia, para que não ficasse tempo ocioso durante a execução do modelo, foram simuladas o total de 2 horas, tempo que seria suficiente para o processamento do lote gerado. Caso ainda existisse matéria-prima sem ser processada ao final da simulação, seria feito um acréscimo no tempo simulado. Porém, não houve necessidade.

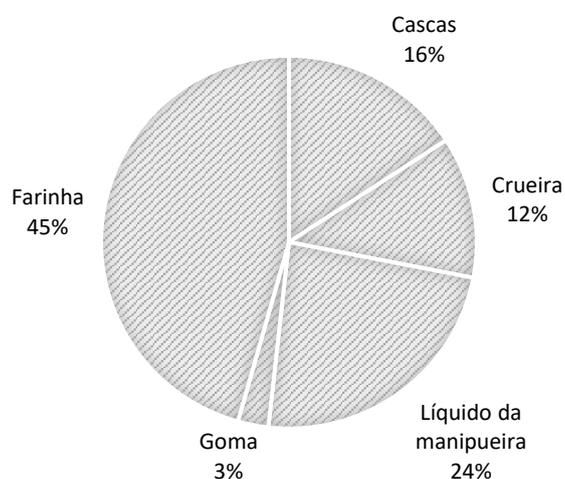
No primeiro momento, observou-se as quantidades geradas para cada saída do processo, descritas na Tabela 5. Em relação a farinha torrada, que é o produto final da farinha, nota-se a capacidade de fabricação de 52 kg para o lote utilizado. Ressalta-se também que mais da metade da quantidade inicial de entrada é perdida durante o processo, evidenciando a oportunidade de reaproveitamento dessas saídas, como ilustrado no .

Tabela 5 – Saídas do processo de produção

Saída	Quantidade (kg)
Cascas	18
Crueira	14
Líquido da manipueira	27
Goma	3
Farinha	52

Fonte: Aatoria própria (2022)

Gráfico 1 – Porcentagem de cada saída



Fonte: Aatoria própria (2022)

Ainda, comparando os 96 kg de mandioca descascada gerados na primeira etapa do processo, frente aos 52 kg de farinha torrada, ressalta-se que, por causa do valor agregado da produção agroecológica da farinha, têm-se seu processamento como mais vantajoso. Para mais, como o lote de mandioca utilizado durante a simulação foi pequeno, não cabe dimensionar quanto cada pessoa irá receber com a venda.

Ao analisar o funcionamento da farinheira, nota-se que o tempo médio utilizado para o processamento dos 114 kg de mandioca foi de 89 minutos. De fato, devido ao regime de processo adotado, que é o por ciclos ou bateladas, têm-se o *lead time* grande. A Tabela 6 descreve o tempo médio necessário para produção de cada saída do processo, com base nas quantidades mencionadas na Tabela 5.

Tabela 6 – Tempo médio para processamento de cada saída

Saída	Tempo (min)
Cascas	0.1
Crueira	40
Líquido da manipueira	27
Farinha	89

Fonte: Autoria própria (2022)

O tempo para obtenção da goma não foi considerado, visto que, é necessário aguardar toda decantação da manipueira para se chegar ao subproduto. Outro ponto que deve ser mencionado é que, como as cascas são obtidas logo na primeira etapa do processamento, foi encontrado um tempo curto para sua obtenção.

Considerando que cada pessoa seja responsável por um dos processos da farinha, desde operar a descascadora até pesar e embalar a farinha, torna-se necessário, no mínimo, de 7 pessoas para produzir a farinha. Contudo, analisando a formação de filas entre cada processo, de acordo com a Tabela 7, pode-se observar alguma criticidade, mesmo que baixa, na hora de prensar, visto que, ocasionam-se filas antes, durante e depois, e também na hora de pesar e embalar. As etapas não listadas apresentaram valores que podem ser desprezados.

Tabela 7 – Formação de filas

Etapas	Tempo de espera (min)
Juntar lote de massa prensada	7.8
Juntar massa no saco de rafia	1
Prensar	0.2
Pesar e embalar	14.9

Fonte: Autoria própria (2022)

Analisando as taxas de ocupação dos recursos, pode-se notar que a pessoa que for responsável por pré-limpar e lavar e aquela que irá pesar e embalar são as que apresentam maior percentual de ocupação, de 12% e 27%, respectivamente. Embora possam parecer baixos, sobressaem ao serem comparados com os demais. Por serem processos mais

manuais, sem limite de alocação de pessoas, podem ser otimizados se as outras pessoas que estiverem participando do coletivo ajudarem. Contudo, deve-se considerar que, uma vez que ocorre uma melhoria no gargalo, as restrições podem mudar de lugar do sistema, ocasionando filas em outras etapas.

Para verificar se as propostas teriam certo impacto, isto é, agilizariam o processo como um todo, optou-se por simular um novo cenário, considerando a alocação de 2 pessoas responsáveis para os processos de pré-limpeza e embalagem. Nesse momento, pode-se observar a redução do *leadtime* de produção para 81 minutos, cerca de 9% do encontrado anteriormente.

Em relação ao tempo de fila para pesar e embalar, pode-se observar uma queda para 6.7 minutos, redução de 44% do anterior. Além disso, a mudança não ocasionou formação de filas nas outras etapas.

Dessa forma, pode ser interessante sugerir a compra de mais de uma balança para a casa de farinha e a alocação de mais de uma pessoa nos processos de pré-limpeza e embalagem. Diferentemente do que acontece com a prensa, que demandaria um investimento bem maior para que fosse comprada outra unidade para aumentar sua capacidade.

7. CONCLUSÕES

A pesquisa permitiu o mapeamento e a análise dos processos de produção das casas de farinha, alcançando os objetivos propostos. Por meio das técnicas de modelagem e simulação, possibilitou a visão sistêmica das etapas para fabricação de farinha e que um modelo computacional fosse construído. Além disso, o modelo e a animação desenvolvidos podem ser utilizados como instrumento de diálogo coletivo sobre gestão com as famílias assentadas.

A indisponibilidade de trabalhos semelhantes focados em estudar a capacidade de produção dessas estruturas mostram a relevância da pesquisa realizada. Apesar do modelo ter sido baseado na casa de farinha do PDS Osvaldo de Oliveira, a sua flexibilidade, em conjunto com a gratuidade para obtenção do *software* Arena, permite que código seja adaptado para outras farinheiras. Contribuindo, assim, para a difusão do uso efetivo da simulação no ramo.

As informações colhidas pelo modelo, como as principais saídas, *leadtime* para produção, as filas formadas e identificação dos potenciais gargalos do processo, evidenciam a funcionalidade da ferramenta para análise do sistema e auxílio na tomada

de decisão. Ainda, outras vantagens podem ser levantadas, como a inspeção das características comportamentais e reflexões acerca do processo em si, tratativa de dados da produção, visualização virtual por meio da animação e identificação de oportunidades de melhoria. Somado a isso, o modelo permitiu a previsão, de forma rápida, segura e sem custo, de como pequenas alterações poderiam influenciar no sistema.

Por meio da esquematização dos principais resíduos gerados nas farinheiras, pode-se notar que, muitas perdas são geradas no processo. Nesse aspecto, evidencia-se a importância de que se conheça formas de reaproveitar esses resíduos. No caso das cascas, por exemplo, pode ser destinada a alimentação de animais e manipueira utilizada como fertilizante. A goma gerada no processamento pode ser utilizada tanto para consumo próprio ou para venda, seja *in natura* ou na forma da tapioca.

Além disso, apesar das perdas encontradas, deve-se destacar a importância de se produzir farinha para o escoamento sustentável da produção de mandioca. Considerando que a farinha de mandioca produzida no assentamento é agroecológica, salienta-se também, o valor agregado desse produto e a sua importância para valorização do trabalho rural e incentivo a economia local.

Como o sistema automatizado da farinheira ainda não está funcionando, a indisponibilidade de dados reais para a condução dessa pesquisa foi um fator limitante. Foram utilizados dados obtidos nas especificações técnicas dos equipamentos, ou seja, constantes. Contudo, seria ideal a utilização de dados estocásticos obtidos pelo funcionamento real da casa de farinha.

Para mais, a restrição referente ao número de entidades em processamento simultâneo do modelo, foi outra limitação. Por causa da versão do pacote utilizado do Arena, o lote processado na simulação, precisou ser menor do que aquele que as famílias assentadas costumam usar, podendo ter ocasionado certa subutilização em algumas das máquinas.

É importante destacar a dificuldade em abranger toda a complexidade presente no cotidiano de uma produção, implicando simplificações e aproximações da realidade. Durante a produção de farinha, uma mesma pessoa pode ser responsável por operar a descascadora e o forno, por exemplo. Contudo, isso é algo difícil de se transcrever em um modelo. No caso do Arena, cada recurso só pode ser mencionado uma única vez. Nesse sentido, alguns aspectos podem acabar sendo desconsiderados.

Ressalta-se também o vínculo da pesquisa desenvolvida ao projeto de extensão LITS, permitindo sua utilização para aprofundamento dos estudos acerca do processo

produtivo da farinha com os assentados. Partindo dessa perspectiva, recomenda-se para futuros trabalhos, que quando a casa de farinha voltar a funcionar, seja realizada a coleta de dados presencial para implementação de um modelo ainda mais ajustado com o que de fato acontece. Possibilitando, dessa maneira, a apresentação e discussão de resultados mais refinados com as pessoas do assentamento, em conjunto com a animação já realizada.

Ademais, a utilização de outros programas destinados a simulação de eventos discretos, como o *ProModel* e *Flexsim*, pode ser uma alternativa para permitir o processamento de uma maior quantidade de alimento *in natura*. Uma análise comparativa entre os resultados obtidos nos diferentes *softwares* também poderá ser realizada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS (ABPMP). **BPM CBOOK: Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio - Corpo Comum do Conhecimento**. São Paulo: ABPMP, 2013.

ADDOR, F. Extensão tecnológica e Tecnologia Social: reflexões em tempos de pandemia. **NAU Social**, v. 11, n. 21, p. 395–412, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nausocial/article/view/38644>. Acesso em: 12 mai. 2022.

ADDOR, F.; EID, F.; SAN SOLO, D. G.; Introdução – Por um outro paradigma tecnológico para o campo. *In*: SAN SOLO, D. G.; ADDOR, F.; EID, F.; SAN SOLO, D. G. (orgs.). **Tecnologia social e reforma agrária popular**, vol. 1. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 2021. p. 23-46.

ALLEM, A. C. The origins and taxonomy of cassava. *In*: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. (eds.). **Cassava: biology, production and utilization**. Wallingford: CABI Publications, 2002. p. 1-16.

ALVES, E.R. de A.; VEDOVOTO, G.L. **A Indústria de Amido de Mandioca**. Brasília: Embrapa, 2003.

AMARAL, L.; JAIGOBIND, A. G. A.; JAISINGH, S. **Dossiê Técnico: Processamento da mandioca**. Curitiba: TECPAR, 2007.

AOKI, R. M. **Pesquisa operacional: simulação**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

ARAGÃO, A. P. **Modelagem e simulação computacional de processos produtivos: o caso da cerâmica vermelha de Campos dos Goytacazes, RJ**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2011.

ARAÚJO, F.; RUFINO, S. Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá. *In*: ALVEAR, C.; CRUZ, C.; KLEBA, J. **Engenharia e outras práticas técnicas engajadas: redes e movimentos**, vol 1. Campina Grande: EDUEPB, 2021. p. 41-74.

ARAÚJO, F. A. Casas de farinha e farinhadas: Cultura Material, História Oral e Memória na produção de identidades. **Cadernos do CEOM / Centro de Organização da Memória do Oeste de Santa Catarina**. Chapecó, v. 28, n. 42, p. 45-52, jun. 2015. Disponível em: <http://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/rcc>. Acesso em: 21 mar. 2022.

ARAÚJO, J. S. B.; LOPES, C. A. **Produção de farinha de mandioca na agricultura familiar**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009.

BANKS, J.; CARSON II, J. S.; NELSON, B. L.; NICOL, D. M. **Discrete-Event System Simulation**. 4 ed. Hoboken: Prentice Hall, 2005.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**. 6 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

BATEMAN, R. E. et al. **Simulação de sistemas: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BELFIORE, P.; FÁVERO, L. P. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BEZERRA, V. S. **Planejando uma casa de farinha de mandioca**. Macapá: Embrapa Amapá, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/70699/1/3-Planejando-uma-Casa-de-Farinha.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n° 275, de 21 de outubro de 2002, dispõe sobre o **Regulamento técnico sobre procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 de nov. 2002.

BRITO, V. **Aplicação de simulação como ferramenta de apoio à elaboração de um planejamento estratégico de capacidade**. Rio de Janeiro: Centro de Estudos em Logística–COPPEAD/UFRJ, 2007.

BRUYNE, P. de; HERMAN, J.; SCHOUTHEETE, M. de. **Dinâmica da pesquisa em ciências sociais: Os polos da prática metodológica**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

CASCUDO, Luís da Câmara. **História da alimentação no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1967.

CANELLO, F. da C. BPMN – Identificando vantagens e desvantagens do uso desta ferramenta para modelagem de processos. **Revista Escola de Negócios**. Rio Grande do Sul, v. 3, n. 2, jul/dez, 2015.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2003.

CHISTÉ, T. C.; COHEN, K. de O. **Estudo do processo de fabricação da farinha de mandioca**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006.

CHWIF, L. **Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua Concepção: Uma Abordagem Causal**. 1999. 139 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria & aplicações**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier: 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Mandioca: Raiz, farinha e fécula**. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em: 05 mar. 2022.

CORREIA, I. A.; SILVA, N. C. B.; SOUZA, A. T.; SCANDELAI, A. P. Caracterização da manipueira e possibilidades de tratamento. **Colloquium Exactarum**, v. 10, p. 180-185, jul-dez. 2018. Disponível em: <
<http://www.unoeste.br/site/enepe/2018/suplementos/area/Exactarum/Engenharia%20Ambiental%20e%20Sanit%C3%A1ria/CARACTERIZA%C3%87%C3%83O%20DA%20MANIPUEIRA%20E%20POSSIBILIDADES%20DE%20TRATAMENTO.pdf>>. Acesso em: 09 maio 2022.

DAGNINO, R. P. A universidade e a pesquisa científica e tecnológica. **Revista de Administração**. São Paulo, v. 19, n. 1, p. 60-77, jan./mar. 1984. Disponível em: <
www.rausp.usp.br/download.asp?file=1901060.pdf>. Acesso em: 12 maio 2022.

EVANS, J. R.; OLSON, D. R. **Introduction to Simulation and Risk Analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1998.

FELIPE, F. I.; ALVES, L. R. A.; CAMARGO, S. G. C. Panorama e perspectivas para a indústria de fécula de mandioca no Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**. São Paulo, v. 6, p. 134-146, nov. 2010. Disponível em:
<https://energia.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/1114/1170>. Acesso em: 28 mar. 2022.

FERNANDES, M. do C. de A.; LEITE, E. C. B.; MOREIRA, V. E. **Defensivos alternativos: ferramenta para uma agricultura ecológica, não poluente, produtora de alimentos saudáveis**. Niterói: PESAGRO-RIO, 2006.

FIORONI, M. M. **Simulação em ciclo fechado de malhas ferroviárias e suas aplicações no Brasil: avaliação de alternativas para o direcionamento de composições**. 2008. 216 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FOLEGATTI, M. I. da S.; MATSUURA, F. C. A. U.; FERREIRA FILHO, J. R. A indústria da farinha de mandioca. In: FARIAS, A. R. N. *et al.* **Processamento e utilização da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandiocultura e Fruticultura Tropical, 2005. p. 63-141.

GAVIRA, M. de O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GROXKO, M. **Mandioca** - Análise da Conjuntura. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 2020, 12 p. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-12/Mandioca%202020.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the corporation**. New York: HarperBusiness, 1994

HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. G.; GOOG, T. J. **Simulação: Otimizando os Sistemas**. 2ed. São Paulo: Belge Engenharia e Sistemas Ltda/ IMAM, 2002.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2010.

INDÚSTRIA SANTA CRUZ. **Indústria Santa Cruz**, 2022. Catálogo de produtos para casas de farinha. Disponível em: <http://industriasantacruz.com/>. Acesso em: 09 maio 2022

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** - Indicadores do IBGE. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2022_jan.pdf. Acesso em: 08 mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Portaria INCRA Nº 477, de 04 de novembro de 1999**. Cria a modalidade de Projeto de Desenvolvimento Sustentável - PDS, de interesse social e ecológico, destinada às populações que baseiam sua subsistência no extrativismo, na agricultura familiar e em outras atividades de baixo impacto ambiental.

KAWANO, B. R.; KAWANO, R. R. **Pesquisa operacional: Simulação**. Indaial: Uniasselvi, 2014.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; ZUPICK, N. B. **Simulation with ARENA**. 6 ed. New York: McGraw-Hill, 2015.

LARICCHIA, C. R.; OLIVEIRA, M. A. N. de; COSTA, R. R. da S. Tecnologia social e educação popular: O desenvolvimento de uma casa de farinha em um assentamento de reforma agrária. In: SANSOLO, D. G; ADDOR, F.; EID, F.; SANSOLO, D. G. (orgs.) **Tecnologia social e reforma agrária popular**, vol. 1. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 2021. p. 199-242.

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

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 2 ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

LIMA, L. S. C.; MORETI, D.; LIMA, L. J. de. **Processamento da mandioca no estado de Mato Grosso**. Cuiabá: EMPAER-MT, 2020.

LITTLE, J. D. C. *A proof for the queueing formula $L = \lambda W$* . **Operations Research**, v. 9, n. 3, p. 383-387, 1961.

MODESTO JUNIOR, M. de S.; ALVES, R. N. B. Produção de farinha de mandioca e de farinha de tapioca no estado do Pará como oportunidades de negócios para empreendedores e agricultores na Amazônia. In: DENARDIN, V. F; KOMARCHESKI, R. **Farinheiras do Brasil: tradição, cultura e perspectivas da produção familiar de farinha de mandioca**. Matinhos: UFPR Litoral, 2015.

MONTEIRO, J. O. **Das trincheiras de contra-hegemonia em tempos sombrios: Contribuições de uma experiência de extensão universitária com processos de formação política junto ao MST**. 2014. 170 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Serviço Social) - Instituto de Humanidades e Saúde de Rio das Ostras, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2014.

MOTTA, J. da S. Mandioca, a raiz do Brasil. In: RAUL, L.. **Farinha de mandioca: o sabor brasileiro e as receitas da Bahia**. Editora Senac São Paulo, 2019.

NASCIMENTO, R. P. do. Boas práticas de fabricação de farinha de mandioca. In: ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. de S. (eds.). **Cultura da mandioca: apostila**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. p. 153-164. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1000910>. Acesso em: 28 mar. 2022.

OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG). **Business Process Model and Notation (BPMN)**. OMG, 2011. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>. Acesso em: 06 jul. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **Produzir mais com menos: Mandioca**. Informe de política. FAO, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i2929o.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2022.

PALETTA, F. C.; SILVA, L. G.; SANTOS, T. V. A universidade como agente de geração e difusão de informação, ciência e tecnologia. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**. João Pessoa, v. 9, n. 2, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/24378>. Acesso em: 12 maio 2022.

PARANAVÁI MÁQUINAS INDUSTRIAIS. **Paranavái Máquinas Industriais**, 2022. Catálogo para casas de farinha. Disponível em: <http://paranavaimaquinas.com.br/php/>. Acesso em: 09 maio 2022

PESANHA, A. M. B.; ROCHA FILHO, S. M. D; MELO, N. A. F.. Estudo da aplicação do software arena em um contrato de prestação de serviço de manutenção de instrumentação. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharias**. Campos dos Goytacazes, v.1, n. 2, p. 30- 53, jul./dez. 2011

RIBEIRO, A. M. M.; SOARES, P. B. D.; CÂMARA, A. A. F. Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS por eleição ou por imposição. *In*: FARIA FILHO, J. R. de; ASHLEY, P. A.; CORRÊA, M. M. (orgs.). **Educação ambiental, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: contribuições para o ensino de graduação**. Niterói: Eduff, 2019.

PINTO, M. D. N. Mandioca e farinha: subsistência e tradição cultural. *In*: SEMINÁRIO ALIMENTAÇÃO E CULTURA, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Ministério da Cultura, 2002.

PIRES, F. et al. **Casa de farinha e boas práticas de produção com base na Indicação Geográfica da farinha Uarini**. Tefé: APAFE; IDSM, 2019.

PRADO, D. S. dos **Teoria das Filas e da Simulação**. 2 ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

PRADO, D. S. do. **Usando o Arena em Simulação**. 4 ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2010.

RIBEIRO, A. M. M.; SOARES, P. B. D.; CÂMARA, A. A. F. Projeto de Desenvolvimento Sustentável – PDS por eleição ou por imposição. *In*: FARIA FILHO, J. R. de; ASHLEY, P. A.; CORRÊA, M. M. (orgs.). **Educação ambiental, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: contribuições para o ensino de graduação**. Niterói: Eduff, 2019.

REDE DE ENGENHARIA POPULAR OSWALDO SEVÁ - REPOS. **Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá**, 2022. Página Inicial. Disponível em: <https://repos.milharal.org/>. Acesso em: 12 maio 2022.

SANTOS, V. da S. **Mandioca: a raiz das nossas raízes**. Embrapa Mandioca e Fruticultura - Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E), 2010. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/874157>. Acesso em: 06 maio 2011.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Manual de referência para casas de farinha: Boas práticas de fabricação diagnóstico ambiental saúde e segurança no trabalho ergonomia projeto arquitetônico**. Maceió: SEBRAE/AL, 2006.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Agroindústria: produção de derivados da mandioca**. Brasília: SENAR, 2018.

SILVA, C. A. B. (coord.). **Produção de farinha de mandioca**. Brasília: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1995.

SILVA, C. S. S.; SILVA, M. G. Casas de farinha: cenários de (con)vivências, saberes e práticas educativas. *In*: DENARDIN, V. F.; KOMARCHESKI, R. (orgs.). **Farinheiras do Brasil: tradição, cultura e perspectivas da produção familiar de farinha de mandioca**. Matinhos: UFPR Litoral, 2015. p. 59-81.

SILVA, M. J.; ROEL, A. R.; MENEZES, G. P. **Apontamento dos cursos:** cultivo da mandioca e derivados; Engorda de frango caipira. Campo Grande, GrafNews, 2001.

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

STEPHENS, M. P.; MEYERS, F. E. *Manufacturing facilities design and material handling.* 5 ed. Indiana: Pearson Education, 2013.

TÔRRES, O. F. Elementos da teoria das filas. **Revista de Administração de Empresas**, v. 6, n. 20, p. 111–127, 1966.

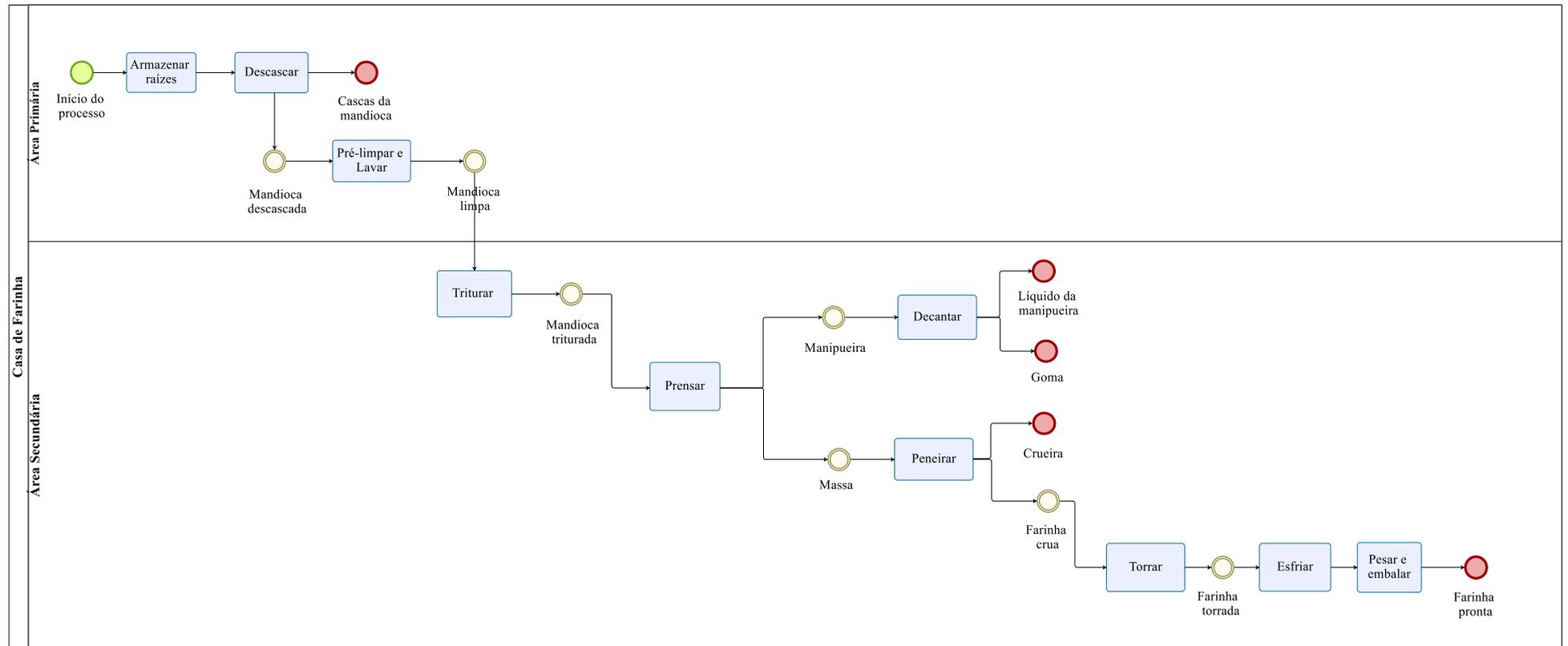
TSCHOEKE, I. C. P.; SILVA, L. F.; SANTOS, A. F.; SOUZA, T. P. Análise da carga orgânica da manipueira em casas de farinha. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 228-232, 2017.

USINAGEM SANTO ANTÔNIO. **Usinagem Santo Antônio**, 2022. Catálogo de produtos para casas de farinha. Disponível em: <http://www.usinagemsantoantonio.com.br/>. Acesso em: 09 maio 2022

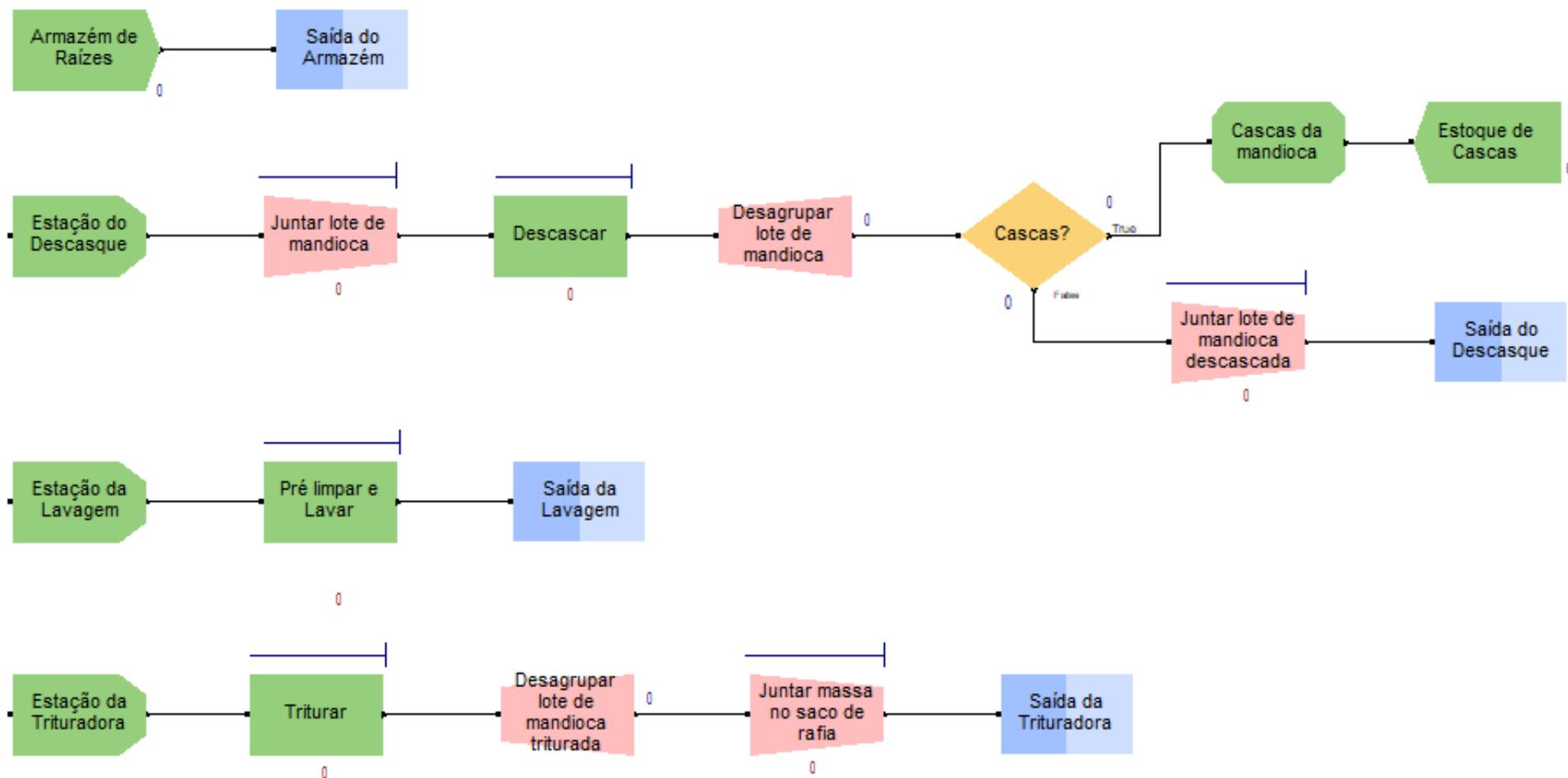
VELTHEM, L. H. van. Homens, mulheres e artefatos na produção da farinha de mandioca no alto rio Juruá - Acre *In*: ALVES, R. N. B.; MODESTO JUNIOR, M. de S (eds.). **Cultura da mandioca:** apostila. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. p. 83-107. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1000910>. Acesso em: 28 mar. 2022.

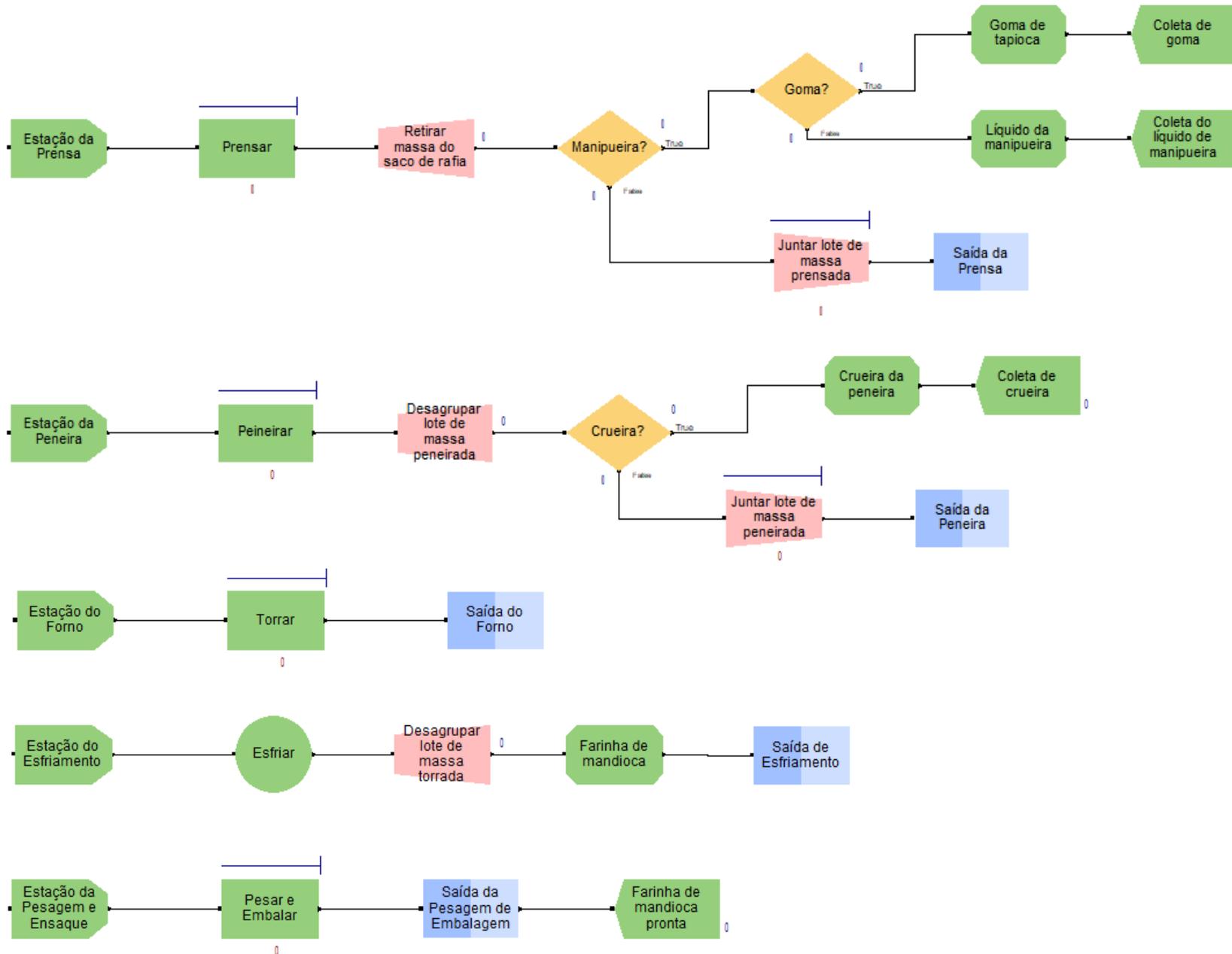
WIGG, D.; VIEIRA, F. M.; QUINTANS, M. T. D.; SOUZA, N. A.; SILVA, R. S.; LUSTOSA, R. A. L. Semeando novos tempos? Reforma agrária e agroecologia um diálogo possível e necessário - Análise a partir do estudo de caso do PDS Osvaldo de Oliveira no Rio de Janeiro. **Retratos de Assentamentos**. São Paulo, v. 19, n. 1, p. 117-144, jan./jun. 2016. Disponível em: <https://www.retratosdeassentamentos.com/index.php/retratos/article/view/202>. Acesso em: 10 abr. 2022.

ANEXO I – Fluxograma da Casa de Farinha



ANEXO II – Modelo Computacional da Casa de Farinha





ANEXO III – Animação da Casa de Farinha



FPS: 21, Polygon Count: 1477239

