



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Simulação computacional do funcionamento de uma casa de farinha em um assentamento rural

Luciane Caroline de Souza Ferreira, Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé,
carolsf.96@gmail.com

Camila Rolim Laricchia, Centro Multidisciplinar UFRJ-Macaé,
camila_laricchia@hotmail.com

RESUMO

Presentes por todo país, as casas de farinha representam uma forma de convivência, geração de renda e soberania alimentar para muitas famílias no meio rural. Este trabalho é fruto do projeto de construção de uma farinheira no Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Osvaldo de Oliveira, localizado em Macaé, ampliando o escoamento da mandioca ali produzida. Assim, este artigo tem como objetivo desenvolver um modelo computacional de simulação para mapear e analisar as etapas do processo produtivo de farinha no PDS. O modelo foi feito antes da conclusão da farinheira, por isso foram utilizados dados obtidos de especificações técnicas de máquinas encontradas no mercado. Entre os resultados, pode-se identificar e quantificar os resíduos gerados, as principais saídas, o *leadtime* do processo e os potenciais gargalos. Destacando assim, a relevância da ferramenta para análise do sistema e auxílio na tomada de decisão.

PALAVRAS-CHAVE: Simulação de eventos discretos. Casa de farinha. Beneficiamento da mandioca.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

INTRODUÇÃO

Grande parte do esforço em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil, tem sido mediado pela universidade, 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, nela 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 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).

A extensão universitária surge, nesse cenário, como alternativa para o processo de democratização, sendo uma importante ferramenta de impacto na transformação social (ADDOR, 2020). Possibilitando que, os acadêmicos obtenham uma visão diferenciada do mundo, facultando um conhecimento mais sistêmico. Enquanto permite 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).

Em 2018, houve uma aproximação da disciplina com o Projeto de Desenvolvimento Sustentável (PDS) Osvaldo de Oliveira, um assentamento da reforma agrária localizado



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

em 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, identificou-se a necessidade de encontrar uma solução sustentável para a produção excedente de mandioca. Uma das alternativas, seria transformar a mandioca em farinha. Tanto o consumo como a produção da farinha sempre estiveram diretamente ligados a sustentabilidade alimentar e são uma importante tradição no Brasil. 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 as famílias.

O sistema de transformação da mandioca em farinha é composto por diferentes etapas, desde a colheita até o produto final. Segundo 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 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). Configura-se, assim, parte integrante do processo de planejamento e



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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 de e utilização dos recursos, defina políticas de estoque e logística, entre outros (STEPHENS; MEYERS, 2013). Saliendo assim, sua aplicação nesse campo.

Apesar das farinhas estarem presentes ao redor de todo país, não foram encontrados estudos sobre a capacidade produtiva delas. Partindo dessa perspectiva, o objetivo da pesquisa consiste no mapeamento e análise do processo produtivo de farinhas 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.

Assim, a relevância deste trabalho está em propor um modelo computacional para simular o funcionamento da casa de farinha do assentamento. Para tal, é utilizado o software *Arena*, da *Rockwell Software Corporation*, que possibilitou a análise de todo o processo de produção da farinha.

Ressalta-se ainda que, como o sistema da farinha 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 torna-se um instrumento para auxílio na tomada de decisão do projeto da farinha.

METODOLOGIA

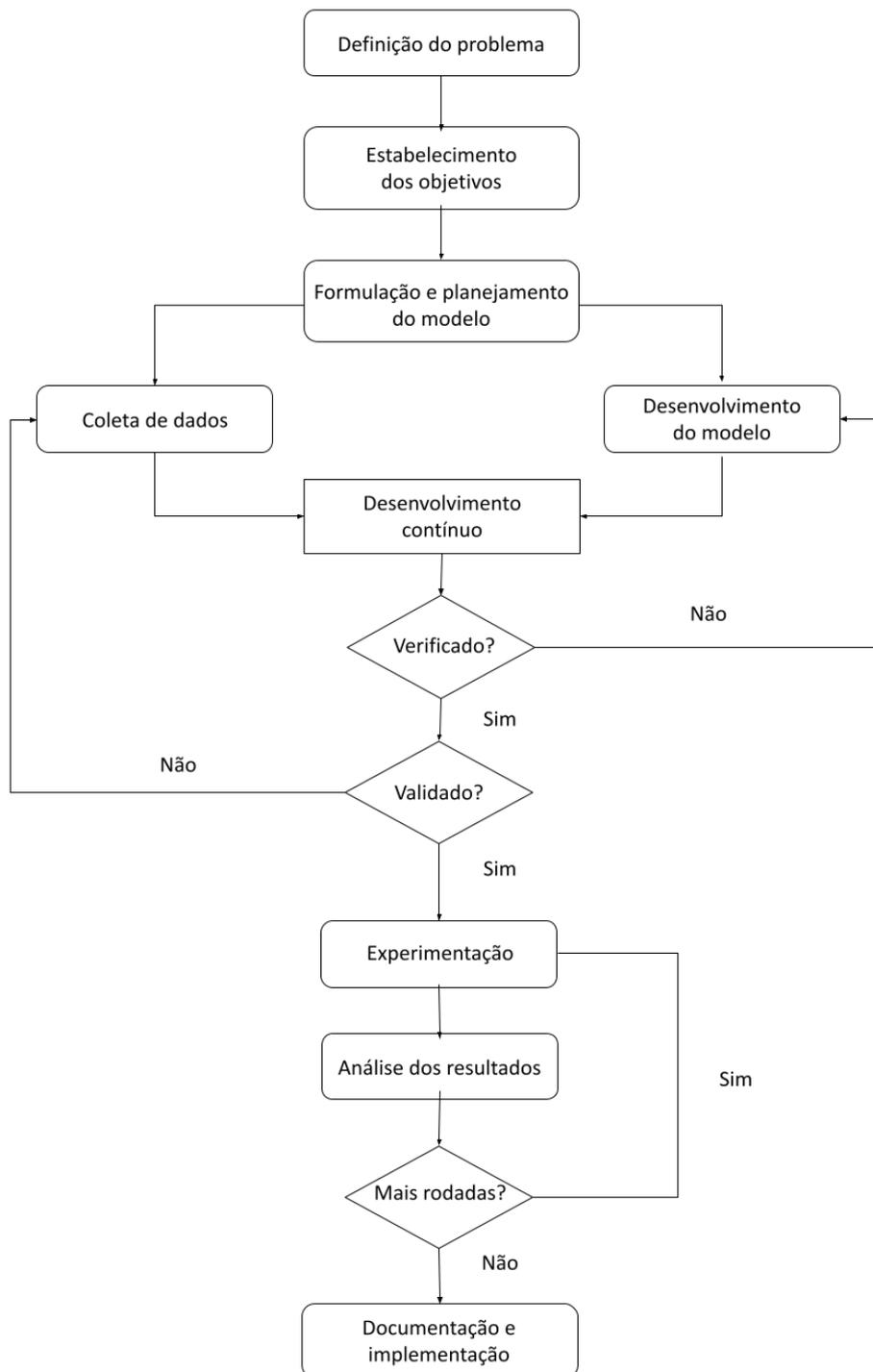
A fim de se conduzir um estudo de simulação, vários autores, como Aoki (2018), Chwif e Medina (2015), Hillier e Liberman (2010), entre outros, sugerem um conjunto de passos, muito similares entre si. Nesse trabalho, foi considerada a metodologia proposta por Aoki (2018), sendo norteado pelas seguintes etapas: definição do problema, estabelecimento dos objetivos, formulação e planejamento do modelo, coleta de dados, desenvolvimento do modelo, verificação e validação, experimentação



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

e análise dos resultados. Por fim, deve-se documentar e implementar na prática. A Figura 1 ilustra a interrelação das etapas.

Figura 1 – Passos de um estudo de simulação



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



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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).

Localizado no distrito Córrego do Ouro, região serrana de Macaé, o PDS Osvaldo de Oliveira constitui pano de fundo para o presente estudo. O assentamento rural configura-se na modalidade 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 (INCRA, 1999).

Nesse contexto, em 2018, durante a 5ª Jornada Universitária em Defesa da Reforma Agrária (JURA) ocorreu a aproximação do assentamento aos estudantes e professores dos Cursos de Engenharia da UFRJ Macaé. Entre os resultados desse encontro, nasceu a parceria entre 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, iniciaram-se as discussões acerca da tecnologia social e, em seguida, as visitas ao assentamento. Entre os pontos levantados na primeira conversa, 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.

Conforme o interesse de cada participante, foram divididos grupos para facilitar o processo de planejamento e construção da farinheira. 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 2.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Figura 2 – Planejamento da trituradora



Fonte: Acervo do LITS (2019)

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 3 e Figura 4.

Figura 3 – Preparação do terreno para construção da farinheira



Fonte: Acervo do LITS (2019)



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Figura 4 – Construção do protótipo da trituradora



Fonte: Acervo 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. Ainda, ocorreu-se a visita das pessoas envolvidas 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 5. 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 paredes, desenho do arranjo físico e discussão da gestão do trabalho coletivo (LARICCHIA; OLIVEIRA; COSTA, 2021).



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Figura 5 – Visita à farinheira da Dona Preta



Fonte: Acervo do LITS (2019)

Em complemento à disciplina, foi criado o projeto de extensão Laboratório Interdisciplinar de Tecnologia Social (LITS), formado inicialmente por alunos e professores 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 relembrada. Com o forno manual pronto, pôde-se fazer farinha pela primeira vez. O momento foi uma grande festa, todas pessoas presentes puderem contribuir para o processo, como ilustrado na Figura 6. Apesar de possuírem apenas os protótipos da tritadora e a prensa completos, além do forno, foi possível a utilização de utensílios domésticos para a farinhada.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Figura 6 – Mutirão de inauguração



Fonte: Coletivo de comunicação do MST/RJ (2019)

Os passos seguintes estavam relacionados às lições aprendidas e melhorias necessárias para a farinheira. 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 que, são raros os pontos em que o sinal de celular funciona naquela área e são poucos os assentados 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. 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 cenário, torna-se necessário estudar as particularidades do processamento de mandioca e entender a capacidade produtiva da farinheira,



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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.

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. Dessa forma, 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 farinheira, possibilitando a identificação da sua capacidade produtiva 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.

FORMULAÇÃO E PLANEJAMENTO DO MODELO

Nessa etapa, o modelo abstrato que está na mente do simulador se transforma em um modelo conceitual claro para todas partes envolvidas. 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. O estabelecimento dos fluxos e interações podem ser adicionados para facilitar o entendimento (BATEMAN, R. E. et al., 2013).

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 Machadinho, foi possível acompanhar uma farinhada no PDS. Dessa forma, em paralelo a conversas com pessoas que entendiam sobre o processamento, pôde-se observar prática o funcionamento das farinheiras.

Assim, foi desenvolvido um fluxograma das etapas do beneficiamento da mandioca em farinha. Para tal, foi utilizada a Notação Padrão para Modelagem de Processos de Negócio (em inglês, *Business Process Model Notation*, BPMN), que proporciona



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

mapeamento das atividades de forma aberta e padronizada, compreensível para todos os usuários (CANELLO, 2015). Por meio software Bizagi *Process Modeler*, ferramenta gratuita de modelagem de processos, foi possível construir o fluxograma (Anexo I).

COLETA DE DADOS

De acordo com os objetivos do estudo, estabelece-se os tipos de dados necessários para a coleta (BANKS et al., 2005). 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. 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 farinha 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 (BATEMAN, R. E. et al., 2013).

Como já destacado, o assentamento 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 a coleta dos dados reais para representação do sistema automatizado. Assim, 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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

DESENVOLVIMENTO DO MODELO

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). Entre os softwares disponíveis para tal, estão os simuladores orientados a aplicações, capazes de construir uma simulação pelo uso de blocos de modelagem pré-definidos, sem a necessidade da programação em si. Ainda, 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.

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.

VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO

Com o modelo computacional de acordo com a necessidade do modelador, 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



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

certificação de o que foi programado corresponde ao sistema real. Caso existam discrepâncias, devem ser realizada as correções (KAWANO B.; KAWANO R., 2014).

Chwif e Medina (2015) 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. De acordo com Sargent (2013), 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.

Para a verificação do modelo proposto, foi utilizado o depurador presente no próprio Arena. Como não haviam dados históricos disponíveis, os resultados obtidos durante a simulação proposta não foram validados frente a anteriores. Por fim, foi executada a animação afim de representar tridimensionalmente o funcionamento da casa, complementando a realização da etapa de maneira visual.

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 farinheira 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 uma vez, afim de obter uma simulação do modelo após sua configuração. Ressalta-se que, quando dados reais da farinheira puderem ser coletados, uma nova experimentação será realizada.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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).

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

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. No Anexo I, pode ser observado o mapeamento detalhado do processo mecanizado de beneficiamento. Cada parte do processo foi analisada e discutida conjuntamente aos assentados, a fim de que o fluxo representasse a realidade da farinha do PDS.

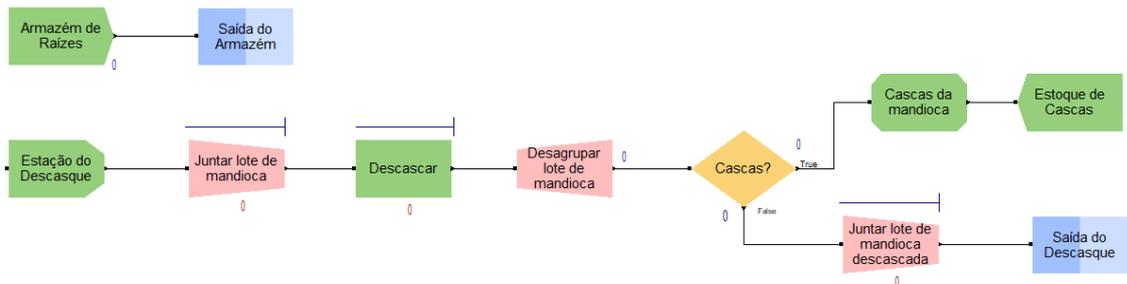
Como próximo passo, realizou-se a codificação do modelo. Por meio do *software* Arena, foi possível passar o modelo conceitual para computacional, utilizando-se de blocos de modelagem pré-definidos.

De maneira geral, o processo 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 7. 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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

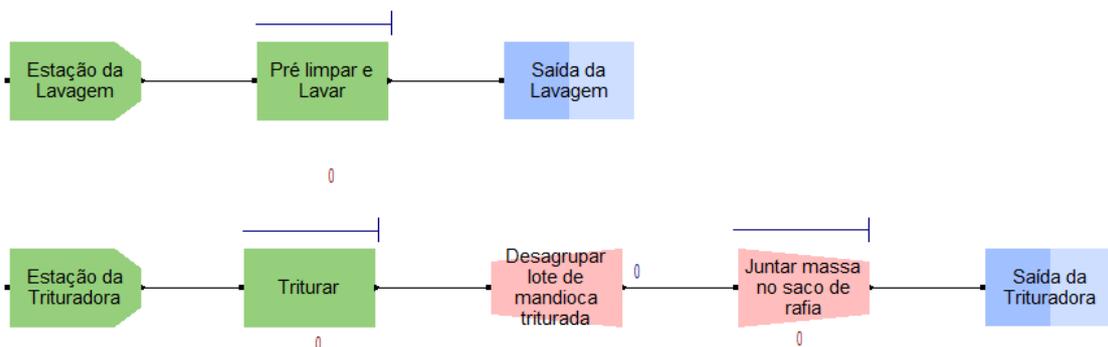
Figura 7 – Modelo conceitual: Início do processo de beneficiamento



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, os resquícios do descasque são retirados manualmente com a 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 mencionadas encontra-se ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Modelo conceitual: Lavagem e trituração



Fonte: Autoria própria (2022)

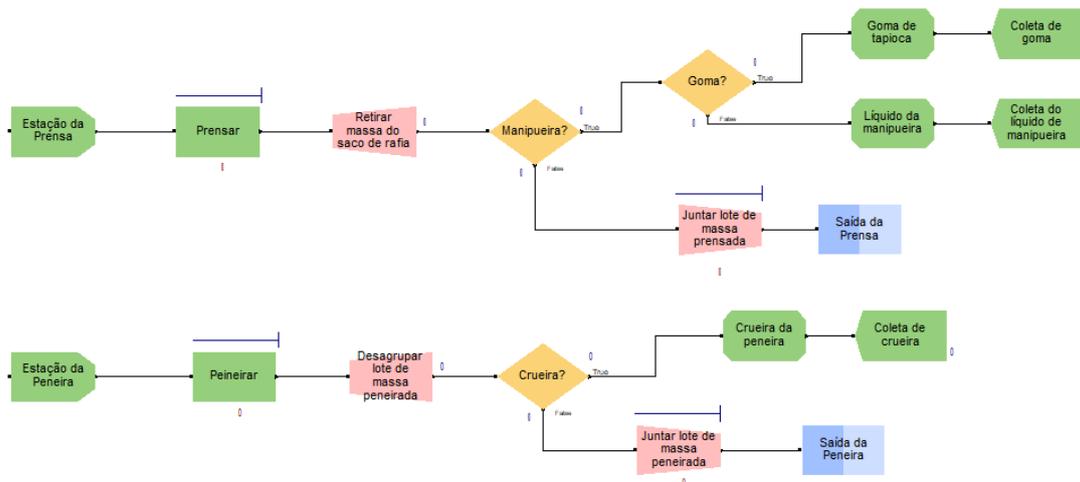
Na fase da prensagem, tem-se mais um efluente do processo, a manipueira. O líquido altamente viscoso recebe o tratamento adequado, parte dele torna-se a goma, subproduto da mandioca, que pode ser utilizada para fazer tapioca, por exemplo. O líquido restante é coletado, uma alternativa pode ser transformá-lo em fertilizante. Ao final da prensagem, transfere-se a massa saco de rafia para outro recipiente e continua-



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

se o caminho para a peneira. Durante o esfarelamento têm-se a geração da crueira, que são os grumos de massa que ficam presos na peneira. O fluxo pode ser visualizado na Figura 9.

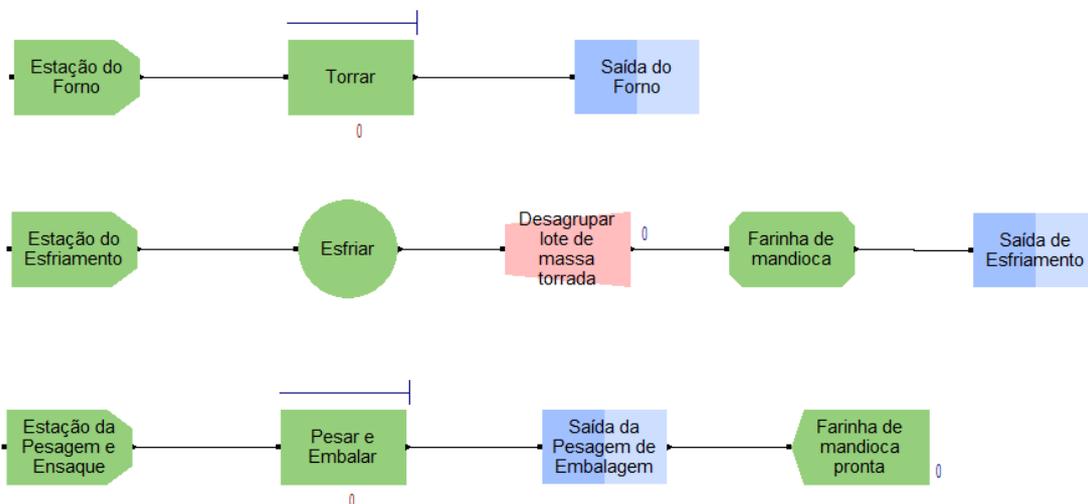
Figura 9 – Modelo conceitual: Prensagem e peneiramento



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 10.

Figura 10 – Modelo conceitual: Fim do processo de beneficiamento



Fonte: Autoria própria (2022)



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Em paralelo, foi realizada a coleta de dados, que serviram de entrada para o modelo computacional. Por meio de um levantamento com fabricantes de máquinas para farinhas, 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 1.

Tabela 1 – Capacidade produtiva do maquinário

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

Fonte: Indústria Santa Cruz (2022)

Para as etapas não automatizadas, 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. Cerca de 18% da matéria inserida torna-se casca, 30% do restante transforma-se em manipueira e 24% em crueira. 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).

Ainda, determinou-se um intervalo de 5 minutos para o deslocamento da entidade entre as estações de trabalho. Foi considerado também que cada caixa do assentamento transporta 28,5 kg de mandioca.

De posse das informações, foram inseridos os dados no modelo conceitual. Nesse momento, definiu-se a taxa de chegada da matéria-prima ao beneficiamento no processo. Devido à natureza desse tipo de processamento, os assentados realizam toda



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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.

As famílias do PDS adotam a produção por lotes, isto é, por ciclos, geralmente de 8 caixas de mandioca, quantas vezes for necessário. Contudo, por causa de uma restrição proveniente do pacote utilizado 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.

Destaca-se também que, 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 estabeleceu a capacidade máxima de 28,5 kg. Ainda, foi definido o tempo de espera máximo de 8 minutos, caso o lote não atingisse o valor desejado, em virtude das perdas de material durante as etapas.

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. A animação encontra-se ilustrada na Figura 11. Para melhor identificação, as máquinas utilizadas encontram-se desenhadas na Figura 12.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Figura 11 – Animação da farinheira



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 12 – Desenhos dos principais recursos



Fonte: Autoria própria (2022)



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Para que não ficasse tempo ocioso durante a execução do modelo, foram simuladas 2 horas, tempo que seria suficiente para o processamento do lote gerado. Por meio do relatório disponibilizado ao final da simulação, foi possível analisar o comportamento do processo.

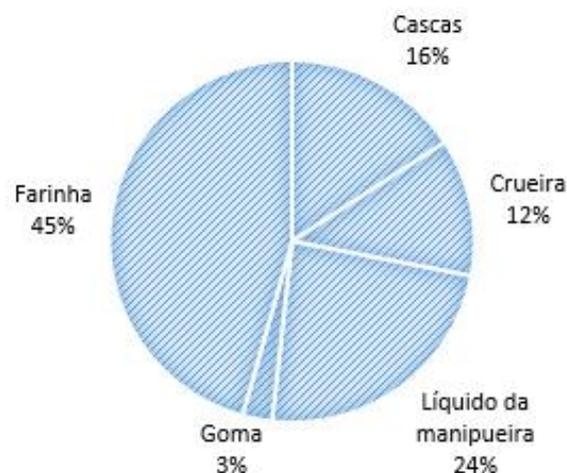
No primeiro momento, observou-se as quantidades geradas para cada saída do processo, descritas na Tabela 2. Em relação a farinha torrada, que é o produto final da farinheira, nota-se a capacidade de fabricação de 52 kg para o lote utilizado. Ressalta-se também que mais da metade da quantidade inicial de entrada é perdida durante o processo, evidenciando a oportunidade de reaproveitamento dessas saídas, como ilustrado no Gráfico 1.

Tabela 2 – Saídas do processo

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

Fonte: Autoria própria (2022)

Gráfico 1 – Porcentagem de cada saída



Fonte: Autoria própria (2022)



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

Ao analisar o funcionamento da farinheira, nota-se que o tempo médio utilizado para o processamento foi de 89 minutos. De fato, devido ao regime de processo adotado, que é o por ciclos, têm-se o *leadtime* grande. A Tabela 3 descreve o tempo médio necessário para produção de cada saída do processo.

Tabela 3 – 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 farinheira, 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 4, 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 4 – Formação de filas

Etapa	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



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL
Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil
21 a 25 de novembro de 2022
Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das técnicas de modelagem e simulação, a pesquisa 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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

A indisponibilidade de trabalhos semelhantes focados em estudar a capacidade de produção dessas estruturas mostram a relevância da pesquisa. 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, pode-se notar muitas perdas 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 a manípueira utilizada como fertilizante. A goma gerada pode ser utilizada tanto para consumo próprio ou para venda, seja *in natura* ou como 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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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 a realidade. Possibilitando, assim, a apresentação e discussão de resultados mais refinados com os assentados.

Ademais, a utilização de outros programas destinados a simulação de eventos discretos pode ser uma alternativa para permitir o processamento de uma maior quantidade de mandioca. Uma análise comparativa entre os resultados obtidos nos diferentes softwares também poderá ser realizada.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

REFERÊNCIAS

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: 12/05/2022.

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.

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.

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

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

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.

CANELLO, F. 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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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

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: 12/05/2022.

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.

INDÚSTRIA SANTA CRUZ. **Indústria Santa Cruz**, 2022. Catálogo de produtos para casas de farinha. Disponível em: <http://industriasantacruz.com/>. Acesso em: 09/05/2022.

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.

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

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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

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: 12/05/2022.

REDE DE ENGENHARIA POPULAR OSWALDO SEVÁ - REPOS. **Rede de Engenharia Popular Oswaldo Sevá**, 2022. Página Inicial. Disponível em: <https://repos.milharal.org/>. Acesso em: 12/05/2022.

SARGENT, R. G. *Verification and validation of simulation models*. **Journal of Simulation**, v. 7, n. 1, p. 12–24, 2013

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

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.



XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Popular e Solidária: a engenharia necessária para reconstruir o Brasil

21 a 25 de novembro de 2022

Rio de Janeiro - RJ, Brasil

ANEXO I

