ISSN 2175-6813
Revista Engenharia na Agricultura
V.27, n.2, p.98-103, 2019
Viçosa, MG, DEA/UFV - DOI: 10.13083/reveng.v27i2.921

OPERAÇÕES EM AGROINDÚSTRIA DE ARROZ A PARTIR DO *SOFTWARE* ARENA

Bernardo Rodrigues Pereira[1], Nander Ferraz Hornke[2], Gizele Ingrid Gadotti[3], Ruan Bernardy[4] & Rafael de Oliveira Vergara[5]

1 - Engenheiro Agrícola, UFPel, Centro de Enegnharias, e-mail: bernardorodriguespereira@gmail.com
2 - Eng. Agrícola, Mestrando em Ciência e Tecnologia de Sementes, UFPel, Centro de Engenharias, e-mail: nanderhornke@gmail.com
3 - Engenheira Agrícola, Doutora em Ciência e Tecnologia de Sementes, Professora Adjunta, UFPel, e-mail: gizeleingrid@gmail.com
4 - Graduando em Engenharia Agrícola, UFPel, email: ruanbernardy@yahoo.com.br
5 - Eng. Agrônomo, Mestre em Ciência e Tecnologia de Sementes, Doutorando em Ciência e Tecnologia de Sementes, UFPel, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, email: agrorafaelvergara@gmail.com

Palavras-chave:
Beneficiamento
fluxo operacional
simulação

RESUMO

A identificação de gargalos e eficiência no processo produtivo agroindustrial é de suma importância, visando competitividade do produto frente ao mercado globalizado. Objetivou-se no presente trabalho identificar e verificar o comportamento do fluxo de operações industriais de uma unidade beneficiadora de grãos de arroz. Identificou-se o fluxograma de atividades da unidade de beneficiamento onde o tempo demandado para realização de cada operação foi coletado. Os dados coletados foram submetidos à análise de estatística descritiva com medidas de posição e dispersão, em que foi possível identificar que, em períodos de alto fluxo de recebimento de grãos, a operação de Romaneio é um gargalo do processo devido à grande quantidade de veículos relacionados com as operações subsequentes. Apesar de as 1ª e 2ª pesagens demandarem um curto espaço de tempo, a descarga da matéria-prima é a operação que impossibilita um fluxo uniforme na UBG, visto que a capacidade das moegas graneleiras e os sistemas de descarga da unidade são fatores que limitam o fluxo das operações. Conclui-se que o *software* Arena foi eficiente na simulação de operações para controle e decisões estratégicas em Unidades Armazenadoras de Grãos, tais como a identificação de operações que retardam o fluxo de matéria-prima dentro da agroindústria.

Keywords:
grain conditioning
operational flow
simulation

OPERATION UNITS IN RICE PLANT BASED ON SOFTWARE ARENA

ABSTRACT

The identification of bottlenecks and efficiency in the agroindustrial production process has the extreme importance in the competitiveness of the final product before the globalized market. The objective of this study was to identify and verify the behavior of the flow of industrial operations of a rice grain-processing unit. The activities flowchart of the beneficiation unit was identified and the time required to perform each operation was collected. Collected information was submitted to descriptive statistics analysis with position and dispersion measurements. It was possible to identify that during periods of high grain reception, waybill operation is a bottleneck by a large number of vehicles related to subsequent operations. Although the first and second weighing sessions require short time, the discharge of the raw material is the operation that precludes a uniform flow in the grain-processing unit given the capacity of the receiving grain hoppers and the discharge systems of the unit are factors that limit the operation flow. It is concluded that the Arena software was efficient in the simulation of operations for control and strategic decisions in Grain-Processing Units, such as the identification of operations that delay the raw material flow in the agroindustry.

Recebido para publicação em 17/09/2018 • Aprovado em 17/10/2018 • Publicado em 30/04/2019

INTRODUÇÃO

O arroz é um alimento básico para a maioria dos brasileiros, pois é capaz de suprir grande parte das necessidades calóricas e proteicas da população. De acordo com Viana e Souza (2007), a cadeia produtiva do arroz tem se configurado como uma das mais importantes para o agronegócio nacional. Representa um volume expressivo da produção brasileira de grãos e é responsável por significativa parcela da renda de um grande número de produtores rurais. Com base nos dados da CONAB (2018), a expectativa para a safra de arroz 17/18 é de 11,76 milhões de toneladas, sendo 4,6% superior à do ano anterior.

Visando um mercado cada vez mais competitivo e eficiente, diagnosticar fases da cadeia agroindustrial do arroz que deixam a desejar é extremamente necessário, inclusive em busca de melhorias em coordenação e eficiência do sistema de produção como um todo.

Segundo Andrade (1989), a pesquisa operacional é multidisciplinar e engloba ciências como Matemática, Estatística e Economia, sendo voltada para a análise de diferentes cenários e tomada de decisões. Cada cenário pode ser visto como uma configuração específica do sistema em análise. Assim, a simulação não produz uma solução ótima e única e, sim, uma resposta do sistema a uma determinada mudança de sua configuração (NETO e PINTO, 2004).

A simulação é a imitação da operação do processo real a partir de dados de tratamento matemático. Para realizar a simulação, é necessário desenvolver-se um modelo matemático da operação. Com essa modelagem, é possível compreender o processo, realizar otimizações dele, além de melhorias de segurança e treinamentos (GHALEB *et al*., 2015).

Para Pastore *et al*. (2010), a modelagem permite propor um cenário alternativo, cujos resultados devem ser analisados de forma a garantir a melhor alocação dos recursos para atender a demanda prevista. As análises possibilitaram visualizar as respectivas limitações, ociosidades, capacidades e desbalanceamentos de cada processo, permitindo, inclusive, a identificação de gargalos.

Para tanto, objetivou-se no presente trabalho verificar o comportamento do fluxo de operações industriais de uma unidade beneficiadora de grãos de arroz visando otimizar o sistema produtivo com o auxílio do *software* de simulação Arena®.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Agrotecnologia do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas e em uma Unidade de Beneficiamento de Grãos (UBG) localizada no distrito industrial do município de Pelotas-RS. Foram utilizados dados das operações realizadas na agroindústria referentes à movimentação de grãos de arroz nos meses de março e abril de 2017. A UBG em estudo dispõe de agroindústria e armazém na mesma planta; sendo assim, o transporte com caminhões do armazém para a agroindústria é dispensado, pois é realizado por equipamentos transportadores de grãos.

O tempo, em fração de horas, do início de cada operação foi processado pela ferramenta *Input Analyzer*, módulo existente no software ARENA®, para se ajustar o conjunto de dados a uma distribuição de probabilidade e, subsequentemente, aplicarem-se testes de aderência a fim de comprovar a relação dos dados coletados com a distribuição definida. Também por meio dessa ferramenta, foram determinadas as curvas de comportamento de cada módulo. Além disso, foram identificados os intervalos de tempo, a média aritmética, o desvio-padrão e a distribuição de probabilidade que melhor representa a série de dados de cada módulo. O tratamento dos dados foi dividido em dois: o horário de início das operações e o intervalo de tempo necessário para que estas fossem realizadas.

A UBG em análise opera em dois turnos: o primeiro turno se inicia às 7h e termina às 18h59, o segundo começa às 19h com término às 6h59. Em ambos os turnos, a sexta hora corresponde ao intervalo.

O quadro de funcionários da empresa é dividido por setores, havendo, na recepção, dois colaboradores em cada turno, responsáveis pela amostragem das cargas que chegam na UBG. No laboratório, há dois colaboradores classificando e analisando as amostras. Nas operações de Pesagem e Romaneio, há apenas um colaborador em cada turno de trabalho da UBG. A descarga

de grãos é realizada manualmente e envolve três colaboradores, visto que a unidade não dispõe de plataformas inclináveis de descarga de caminhões.

A coleta dos dados das operações foi extraída do banco de dados do programa computacional de logística utilizado pela empresa. No sistema, eles foram cadastrados a partir do tipo de operação (entrada/saída) e identificados pela placa do veículo que transporta os grãos de arroz; desse modo, as sequências de operações que o caminhão percorreu ao longo do tempo são registradas e arquivadas, sendo possível identificar o tempo gasto para realizar cada uma delas, que totalizam 430 dados de tempo estudados. Sabendo-se que a variável do estudo foi o tempo, calculou-se o intervalo de tempo necessário para realizar cada operação além do horário de início e término das operações.

Para a introdução dos valores de horas no *software* ARENA®, é necessário que estes dados estejam em um programa compatível com um editor de texto; para isso, foi utilizado o programa *Notepad,* presentes em todas as versões de Microsoft Windows®.

As atividades para a caracterização da empresa foram representadas por meio de módulos que são organizados em coleções denominadas "*templates*". O conjunto desses módulos (dispostos corretamente em um fluxograma) forma o modelo que representa o sistema real das operações. A criação do modelo conceitual foi feita a partir da realização de um fluxograma com as etapas operacionais descritas anteriormente.

O módulo Abertura representa a criação, no instante zero da simulação, daquela operação. Portanto, a cada carga que chegar à UBG, será aberta uma nova operação e todas do período de estudo estarão dentro desse módulo. O módulo Laboratório representa o tempo que a amostra demorou para ser analisada pelo laboratório. O módulo Romaneio representa o tempo que o caminhão espera até ser encaminhado para descarregar a carga.

O módulo 1ª Pesagem representa o tempo necessário para pesar o veículo que está sendo encaminhado para o descarregamento do produto. O módulo 2ª Pesagem representa o tempo necessário para pesar o veículo após ser descarregado. A partir da diferença de tempo entre a 1ª pesagem e a 2ª pesagem, é possível supor o tempo necessário para descarregar cada veículo, e, por último, o módulo Finalização representa o tempo necessário para encerrar a operação do referido veículo.

Após a coleta realizada, os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva com medidas de dispersão e de posição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados da distribuição estatística que melhor representa o conjunto de dados de cada operação além dos testes de Qui-Quadrado e Kolmogorov-Smirnov. A verificação do ajuste de dados realizados por esses testes foi feita em comparação com um nível de

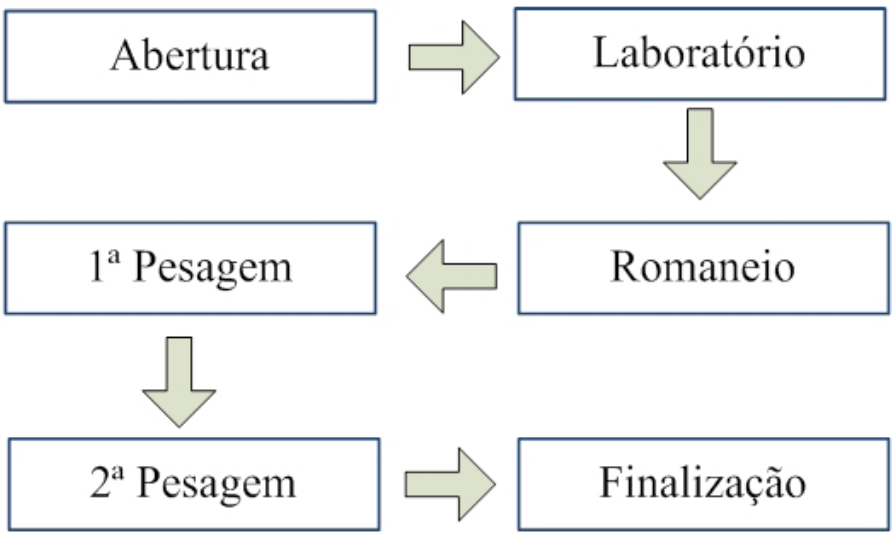

Figura 1. Fluxograma de atividades na unidade de beneficiamento de grãos.

significância de 5%.

Para esse conjunto de dados, os valores de ambos os testes são maiores ou iguais ao nível de significância, assim como utilizado por FILHO (2008). Portanto, as distribuições estatísticas são representativas do conjunto de dados analisado.

As operações de Abertura, Laboratório, Romaneio e 2ª Pesagem foram caracterizadas com comportamento de distribuição Lognormal. LIMPERT, STAHEL e ABBT (2001) afirmaram que essa distribuição é comumente usada em situações em que a variável é um produto em grande número de quantidades aleatórias de dados.

A operação 1ª Pesagem foi caracterizada como triangular. A distribuição triangular tem como característica o necessário conhecimento sobre o limite máximo e o limite mínimo da variável em estudo, além do seu valor mais provável (KELTON, SADOWSKI e SADOWSKI, 1998). É uma distribuição triangular com valores mínimos, médio e máximo de 7,0; 8,13 e 22,0 horas, respectivamente.

Já a operação de Finalização apresentou um arranjo definido como distribuição Beta. A distribuição Beta tem capacidade de apresentar e assumir diferentes formatos, dependendo dos seus dois parâmetros de forma e escala (FILHO, 2008). Com base nisto, a caracterização para essa operação deve-se ao fato de sua ocorrência não apresentar um horário definido e contínuo, dependendo sempre da operação anterior. Na Tabela 2 são apresentados os valores máximos, mínimo, desvio-padrão e média dos horários de início das operações.

Na Tabela 2 são explicitados fatos descritos anteriormente como a tendência de operações serem iniciadas e finalizadas em um período predefinido, assim como a propensão da operação Finalização para as horas finais do dia. Já a média e o desvio-padrão não são medidas adequadas para se analisar esse conjunto de dados, visto que são muito afetadas pelos valores extremos, não demonstrando, assim, a ideia da simetria ou assimetria da distribuição de dados.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados dos tempos de duração, os testes da distribuição estatística que melhor representa o conjunto de dados de cada operação, além dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado.

As operações Laboratório e 1ª Pesagem caracterizaram-se por uma distribuição probabilística Lognormal. Já os tempos de duração do Romaneio foram atribuídos a uma distribuição do tipo Beta. A 2ª Pesagem apresentou uma distribuição do tipo Weibull, que, segundo FILHO (2008), distribuição tem características semelhante à distribuição Beta.

Tabela 1. Distribuição de probabilidade do tempo de início das operações com significância de 5%.

Operação	Distribuição	Qui-quadrado	Kolmororov-Smirnov
Abertura	7+LOGN (6,27; 8,94)	0,005	0,0100
Laboratório	7+LOGN (6,28; 8,97)	0,005	0,0100
Romaneio	1+ LOGN (11,8; 4,58)	0,005	0,0100
1ª Pesagem	TRIA (7,0; 8,13; 22,0)	0,005	0,0100
2ª Pesagem	LOGN (12,9; 4,99)	0,005	0,0100
Finalização	24*BETA (4,06; 3,14)	0,005	0,0100

Tabela 2. Valores, em horas e minutos, da média aritmética, desvio-padrão, máximos e mínimos para o início das operações.

Operação	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Abertura	12:24	03:58	0,2924	22:18
Laboratório	12:24	03:58	0,2924	22:18
Romaneio	12:24	03:56	0,0569	22:12
1ª Pesagem	12:42	03:39	0,2924	21:24
2ª Pesagem	12:42	03:49	0,25	23:18
Finalização	13:30	04:09	0,0174	23:24

Tabela 3. Distribuição de probabilidade do tempo de ocorrência das operações com um nível de 5% de significância.

Operação	Distribuição	Qui-quadrado	Kolmororov-Smirnov
Laboratório	LOGN (1,87; 4,53)	0,005	0,01
Romaneio	-0,001 +24*BETA (0,304; 0,517)	0,005	0,01
1ª Pesagem	LOGN (0,948; 2,99)	0,005	0,01
2ª Pesagem	WEIB (3,68; 0,763)	0,005	0,01

Tabela 4. Valores, em horas decimais, da média aritmética, desvio-padrão, máximos e mínimos para o tempo de duração das operações.

Operação	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo
Laboratório	12:24	03:58	0,2924	22:18
Romaneio	12:24	03:56	0,0569	22:12
1ª Pesagem	12:42	03:39	0,2924	21:24
2ª Pesagem	12:42	03:49	0,25	23:18

Na Tabela 4 é identificado o fluxo com menor período de tempo, que teve duração de 1 minuto, no Laboratório, 0 minutos, no Romaneio, 1 minuto, na 1ª Pesagem e 1 minuto, na 2ª Pesagem. Na comparação com a média aritmética desse conjunto de dados, esses são valores expressivamente pequenos, tratando-se principalmente de laboratório de classificação de arroz. Mesmo que a unidade disponha de um Analisador Estatístico que auxilia e acelera o processo, sua atividade não é totalmente isolada, necessitando de tempo e interferência humana para geração de resultados.

Por meio da observação dos dados coletados e dos valores de máximos e mínimos presentes na Tabela 4, identificou-se a ausência de um padrão de inserção de dados para as operações de pesagem. Tratando-se de operações separadas pela descarga, não há um procedimento indicando se o tempo de descarga está na 1ª ou 2ª pesagens. Desse modo, para os valores máximos de ambas as pesagens, estão incluídas a descarga da massa de grãos na unidade armazenadora, não caracterizando a operação de pesagem isoladamente.

Fica explícito, ainda na Tabela 4, o gargalo do fluxo operacional: a operação de Romaneio apresenta os maiores valores de média, máxima e desvio-padrão, ou seja, em períodos críticos de recebimento de grãos essa operação é sufocada por uma grande quantidade de veículos. Mas essa operação não é limitada por espaço e organização para disposição de veículos, e, sim, por fatores relacionados com as operações subsequentes.

Apesar de as pesagens demandarem um curto período de tempo, a operação de descarga é que impossibilita um fluxo uniforme na unidade armazenadora. A capacidade das moegas graneleiras e os sistemas de descarga da unidade são fatores que retardam o tempo das operações. Aliado a isso, paradas para manutenções e veículos com diferentes capacidades de carga influenciam nos valores de máximos e desvio-padrão das operações de pesagem.

O comportamento do fluxo analisado por meio da técnica de pesquisa operacional e modelagem matemática demonstra, a partir da estatística de dados, que um analista de dados pode promover a otimização do fluxo de processos de indústrias agroindústrias, encontrando gargalos e sugerindo modificações operacionais de processo, como tempo e execução.

CONCLUSÃO

- Conclui-se que o *software* ARENA® foi eficiente na simulação de operações para controle e decisões estratégicas na Unidade Armazenadora de Grãos, tais como a identificação de operações que retardam o fluxo de arroz em casca dentro dessa agroindústria, como a operação de descarga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E.L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e técnicas para análise de decisão**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1989. v.1.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho de 2018**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos >. Acesso em: 10 de jul de 2018.

FILHO, P.J.F. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações Arena**. 2. ed. Santa Catarina: Visual Books, 2008.

GHALEB, M.A.; SURYAHATMAJA, U.S.; ALHARKAN, I.M. Modeling and Simulation of Queuing Systems Using Arena Software: A Case Study. In: Proceedings of the 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Dubai: 2015.

KELTON, W.D.; SADOWSKI, R.P.; SADOWSKI, D.A. **Simulation with Arena**. 2. ed. New York: McGrow-Hill, 1998.

LIMPERT, E.; STAHEL, W.A.; ABBT, M. Log-normal Distributions across the Sciences: Keys and Clues. **BioScience**, v.51, n.5, p.341-352, 2001.

NETO, A.N.R.; PINTO, L.R. Template do programa Arena para simulação das operações de carregamento e transporte em minas a céu aberto. Rem: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v.57, n.1, p.65-69, mar. 2004.

PASTORE, P., GUIMARÃES, A.M.C., DIALLO, M. Simulação computacional aplicada à logística de distribuição de uniformes da Marinha do Brasil. In: XXX ENEGEP. **Anais eletrônicos**, São Carlos-SP:ABEPRO, 2010. Disponível em:<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_113_744_16526.pdf> Acesso em: 28 jun 17.

VIANA, J.G.A.; SOUZA, R.S. Comportamento dos preços históricos do arroz no Rio Grande do Sul de 1973 a 2005. **Revista Ceres**, mai/jun 2007.