



GUSTAVO LOURENÇÃO TEMPESTA

**PRODUTIVIDADE EM ARMAZÉNS DE CAFÉ: ANÁLISE
COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONVENCIONAIS E
AUTOMATIZADOS SEGUNDO O ESTUDO DE TEMPOS
E MOVIMENTOS**

LAVRAS – MG

2019

GUSTAVO LOURENÇÃO TEMPESTA

**PRODUTIVIDADE EM ARMAZÉNS DE CAFÉ: ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE SISTEMAS CONVENCIONAIS E AUTOMATIZADOS SEGUNDO O
ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Leonardo Schiassi

Orientador

LAVRAS – MG

2019

GUSTAVO LOURENÇÃO TEMPESTA

**PRODUTIVIDADE EM ARMAZÉNS DE CAFÉ: ANÁLISE COMPARATIVA
ENTRE SISTEMAS CONVENCIONAIS E AUTOMATIZADOS SEGUNDO O
ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS**

**PRODUCTIVITY IN COFFEE WAREHOUSES: COMPARATIVE ANALYSIS
BETWEEN CONVENTIONAL AND AUTOMATIC SYSTEMS ACCORDING
TO TIME-MOTION STUDY**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 12 de Novembro de 2019.

Prof. Dr. Belisario Nina Huallpa
Bel. Mateus Magalhães Couto

UFLA
UFLA

Prof. Dr. Leonardo Schiassi

Orientador

LAVRAS – MG

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por iluminar sempre meus caminhos e me dar força para superar todos os desafios.

Aos meus maiores exemplos, meus pais, Tavani e Luísa, e meus irmãos Guilherme e Vanessa, pelo amor incondicional, pelo incentivo e por sempre acreditarem em minha capacidade.

À minha namorada Daniella pelo companheirismo, amor e por estar sempre ao meu lado me apoiando em todos os momentos.

Aos meus familiares por toda ajuda e torcida.

Aos meus colegas de curso, aos amigos do Threshold e PHD, pela amizade, parceria e por terem sido minha segunda família.

Ao meu orientador Leonardo Schiassi pela disposição, conselhos e ensinamentos.

Aos membros da banca Belisario Nina Huallpa e Mateus Magalhães Couto que gentilmente aceitaram meu convite para contribuírem neste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras e a todos os professores responsáveis pela disseminação do conhecimento.

Meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

A crescente busca pela otimização dos processos e pelo aumento da produtividade nos armazéns de café vem de encontro à utilização da tecnologia. Instalações equipadas com sistemas de automação e de identificação por rádio frequência – RFID permitem maior controle das operações e rastreabilidade dos lotes do produto, o que gera agilidade, redução de mão de obra e segurança. Este trabalho tem como objetivo mapear as operações de armazenagem de grãos de café em armazéns nos modelos convencional e automatizado e com o auxílio da técnica do estudo de tempos e movimentos, determinar a eficiência e capacidade produtiva de cada tipo de instalação. Os resultados foram comparados permitindo a análise da viabilidade técnica do emprego da tecnologia nas práticas de armazenagem de café, evidenciando os benefícios da automação de processos.

Palavras-chave: Automação, RFID, engenharia de métodos, armazenagem, cafeicultura.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	7
1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1 Armazenamento do café	8
2.2 Importância da rastreabilidade	9
2.3 Tecnologia no agronegócio: aplicação da automação e da identificação por rádio frequência	9
2.4 Engenharia de Métodos: estudo de tempos e movimentos	10
3. CONCLUSÃO	13
REFERÊNCIAS	14
SEGUNDA PARTE – ARTIGO	16
PRODUTIVIDADE EM ARMAZÉNS DE CAFÉ: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONVENCIONAIS E AUTOMATIZADOS SEGUNDO O ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS	17

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

O café é um produto que está presente na rotina diária de pessoas ao redor do mundo. O Brasil é o maior produtor do grão, contribuindo com mais de 30% da produção mundial nas últimas safras. Desse modo, o café apresenta papel fundamental na economia nacional, caracterizando-se como um dos mais importantes produtos agropecuários.

Nesse contexto, com uma produção crescente e um mercado cada vez mais concorrido, torna-se indispensável elevar a produtividade dos armazéns e reduzir seus custos operacionais, porém, sem que a qualidade do produto final seja reduzida. Dessa forma, surge a necessidade de modernização dos processos de armazenagem. A automação tem se apresentado como uma solução, tornando os processos de armazenagem mais eficientes. Com a utilização de sistemas de identificação por rádio frequência (RFID), é possível realizar o acompanhamento em tempo real do produto armazenado, garantindo sua segurança por meio da conservação da identidade e rastreabilidade dos lotes.

O estudo de tempos e movimentos, ou engenharia de métodos, é uma técnica muito utilizada para o estabelecimento de padrões na produção e na medição da eficiência dos processos, no qual determina o melhor método a ser utilizado. Diante disto, este trabalho tem como objetivo realizar a análise da viabilidade técnica e produtiva do emprego da automação nas práticas de armazenagem de grãos de café. Para tanto, foi realizado o mapeamento das operações de desembarque em armazéns nos modelos convencional e automatizado, e determinado o tempo padrão e capacidade produtiva de cada instalação com o auxílio do estudo de tempos e movimentos. Os resultados foram comparados a fim de se evidenciar os benefícios da automação de processos. Não estão no escopo deste trabalho os estudos de natureza econômica como investimentos, custos de operação entre outros indicadores.

Tornar as operações de armazenagem de café mais eficientes é fundamental para acompanhar o rápido desenvolvimento da agricultura do país. Com a automação dos processos, além de reduzir custos operacionais, os armazéns ganham em agilidade e segurança. O acesso às informações de estoque em tempo real colabora para a tomada de decisão, pois permite uma melhor gestão dos recursos, potencializando o desempenho do armazém.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Armazenamento do café

O Brasil é o líder mundial na produção de café, tendo produzido 61,7 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2018, o que representa um crescimento de 37% em relação ao ano anterior, sendo esta a maior colheita registrada na história (CONAB, 2018). O crescimento da produção brasileira evidencia a necessidade da modernização nas práticas de armazenagem, a fim de proporcionar desenvolvimento compatível ao obtido pelo setor agrícola, visando à redução de custos e o favorecimento da comercialização do produto (SILVA; CAMPOS; SILVEIRA, 2013).

O café é um produto cujo preço é estabelecido através de fatores qualitativos, no qual seu valor sofre variações de acordo com a melhoria da qualidade (RIBEIRO, 2010). Características dos grãos relacionadas à cor, aspecto, aroma e sabor dependem de outras variáveis além da genética, como o cultivo, época de colheita, preparo, armazenamento, entre outros (AMORIM, 1978 apud PIMENTA et al., 2008). Borém et al. (2008) afirmam que “somente com a preservação da sua qualidade, durante o armazenamento, é que será possível obter preço compatível e remunerador para o produto”.

O método de armazenamento pode ser classificado considerando o recipiente utilizado e a forma de manuseio do produto, de modo que o armazenamento convencional refere-se ao café acondicionado em sacarias de juta, e o armazenamento a granel, remete-se ao método no qual o café é estocado e manuseado sem utilização de embalagens. Além dos sacos de juta, embalagens denominadas *big-bags*, com capacidade de 1200 kg, vêm sendo utilizadas por apresentar fácil adaptação à mecanização, minimizando o uso de mão-de-obra (BORÉM, 2008 apud RIBEIRO, 2010).

Nos países produtores, apesar dos avanços tecnológicos nos últimos anos, o café beneficiado é tradicionalmente armazenado em sacos de juta de 60 kg. Mesmo apresentando muitas desvantagens, este método permite a separação de lotes, circulação de ar, fácil inspeção, além de se adaptar ao comércio em pequena escala, características importantes a serem consideradas nas práticas de armazenagem do café (EMBRAPA, 2004). Entretanto, de acordo com Brasiliense (2015), a armazenagem tem apresentado evolução, acompanhando as novas demandas de mercado. Com a necessidade de melhorias e agilidade nas operações, o armazenamento convencional gradativamente

vem sendo substituído pelos *big-bags*, impulsionando o uso da tecnologia nos processos.

2.2 Importância da rastreabilidade

De acordo com Hermoso et al. (2017) a diferenciação do produto pode trazer benefícios para todos os agentes participantes, do produtor ao consumidor final. Deste modo, a certificação é uma das diferenciações mais utilizadas no mercado de café, sendo uma forma efetiva de se agregar valor ao produto. Cada instituição certificadora possui diretrizes e realiza auditorias de modo a garantir que seus critérios sejam cumpridos pelo detentor do certificado.

Segundo Almeida (2009), o código de conduta da certificação *UTZ Certified*, apresenta como um de seus pontos de controle a obrigação do produtor ser capaz de rastrear seu café, sabendo como foi produzido e qual a origem do mesmo. Outro ponto de controle exige que o produtor tenha controle absoluto da segmentação do café certificado do não certificado, impedindo que se misturem no campo, durante a armazenagem, benefício e transporte.

Além de a rastreabilidade ser um dos requisitos para a certificação, há uma preocupação crescente dos consumidores com a procedência e segurança dos alimentos, evidenciando sua importância ao longo da cadeia produtiva. Este contexto torna-se uma oportunidade para diferenciação do produto através da identificação da origem e do modo de produção (SAES; SPERS, 2006). Os requisitos de qualidade e rastreabilidade requeridos pelos consumidores podem ser obtidos através da identificação das necessidades de informação e da aplicação da automação nos processos produtivos (CUNHA, 2008).

2.3 Tecnologia no agronegócio: aplicação da automação e da identificação por rádio frequência

Para Branquinho et al. (2014) a “automação é o estudo das técnicas que visam aperfeiçoar um processo de negócio, aumentando sua produtividade, promovendo a valorização da força de trabalho humano e assegurando uma operação ambientalmente segura”. O conceito de automação faz referência à substituição por máquina do trabalho humano ou animal. Assim, existe o receio de que a automação provoque a perda de postos de trabalho, quando de fato, pode ocorrer o efeito inverso. De modo que empresas com baixa produtividade devida à falta de automação não poderão competir

economicamente com as outras, ocasionando em demissões ou até mesmo no encerramento de suas atividades (RIBEIRO, 2003).

No agronegócio, o intenso aumento da mecanização e automação exige investimentos em sistemas com maior tecnologia para suprir a demanda por eficiência. Assim, a agricultura direciona-se para a produção em grande escala ao ponto em que surgem novos equipamentos e estruturas de beneficiamento e armazenagem (OLIVEIRA; DANIEL; SILVA, 2013).

Para Stock e Lambert (2001 apud MILAN; PRETTO; BASSO, 2007) as três funções básicas da armazenagem são: a movimentação de materiais; a estocagem; e a transferência de informações, de modo que a última seja a principal no escopo estratégico e operacional. Para que seja possível esta troca de informações é fundamental a utilização de sistemas de rastreabilidade. Segundo Cunha (2008), estes sistemas são conjuntos de rotinas e procedimentos utilizados para a coleta e armazenamento de dados no qual registram a rota percorrida por um lote do produto desde o fornecedor até chegar ao consumidor.

Progressivamente as etiquetas de identificação manual vêm sendo substituídas pelo uso de identificadores por radiofrequência RFID, permitindo maior armazenamento de informação a ser transferida (CUNHA, 2008). O sistema de RFID, de acordo com Santini (2008, apud BRASILIENSE, 2015), é composto por um aparelho leitor, chamado de *transceiver*, que através de uma antena, envia sinais de radiofrequência em busca das *tags*, ou *transponders*, a ser identificadas. No momento em que os dispositivos se comunicam, os dados armazenados na *tag* são recebidos pelo leitor, podendo ainda ser processados por outro *software*, conhecido como *middleware*, que intermedia a comunicação entre o sistema de gestão e a infraestrutura RFID.

Segundo Brasiliense (2015), os processos que envolvem armazéns de café tais como armazenamento, mapeamento, embarque e desembarque tornam-se mais eficientes e produtivos com a utilização da tecnologia RFID. Estes dispositivos permitem a identificação precisa do posicionamento de cada item dentro do armazém através da leitura das *tags* dispostas no piso e nos *bags*, eliminando o controle manual realizado por meio de anotações de movimentação e endereçamento dos lotes.

2.4 Engenharia de Métodos: estudo de tempos e movimentos

O estudo de tempos e movimentos, ou engenharia de métodos, como afirma Souto (2002, apud TARDIN et al., 2013), estuda o desenvolvimento de métodos

práticos e eficientes do trabalho visando à padronização de processos para o aumento da produtividade. A partir do registro de determinada atividade, busca-se encontrar a melhor forma para execução de tarefas idealizando métodos mais satisfatórios. Através da concepção de melhor organização do trabalho são avaliados os processos, ferramentas, equipamentos e competências operacionais utilizados para a produção de determinado produto. Esta metodologia tem como objetivo garantir melhor qualidade, redução de tempo de produção a fim de se minimizar gargalos ao longo dos processos produtivos (TARDIN et al., 2013).

Frederick Winslow Taylor foi um dos pioneiros no trabalho com a engenharia de métodos. Em 1881, por meio do estudo de tempos, Taylor buscou um modelo de gestão em que possibilitasse o aumento de produção do trabalhador em menos tempo, porém, sem que os custos da empresa fossem elevados (JESUS et al., 2010). De acordo com Peinado e Graeml (2007) o estudo de tempos permite, por meio de métodos estatísticos, mensurar o tempo padrão necessário para realização do trabalho, bem como determinar a capacidade produtiva de uma empresa.

Segundo Barnes (1977), o estudo de movimentos foi desenvolvido por Frank e Lillian Gilbreth com o objetivo de se obter melhoria nos métodos de trabalho através do aperfeiçoamento de movimentos longos e exaustivos em ações curtas e menos cansativas. Apesar dos trabalhos de Taylor e do casal Gilbreth serem concebidos na mesma época, inicialmente foi dado maior destaque ao estudo de tempos e apenas na década de 1930, se estabeleceu o estudo de movimentos. A partir de então, iniciou-se um período em que ambas as técnicas foram utilizados em conjunto, de forma a se complementarem, sendo aplicados amplamente na indústria.

Barnes (1977) apresenta que o estudo de tempos e movimentos é um estudo sistemático composto de quatro etapas, sendo elas: desenvolver o melhor método; padronizar a operação; determinar o tempo padrão; e treinar o trabalhador no método desenvolvido. Segundo o autor, o principal método para o estudo de tempos é a cronometragem direta, para tanto a operação é dividida em elementos e cada um destes é cronometrado individualmente. O valor de cada elemento é ajustado pelo observador de acordo com o ritmo de execução e denominado como tempo normal. Para a obtenção do tempo padrão da operação, são adicionadas ao tempo normal tolerâncias para as necessidades pessoais, fadiga e espera. Para avaliar a automação de um determinado processo, Barnes (1977) propõe a utilização dos princípios da economia de movimentos, a fim de se comparar o melhor método manual ao automatizado. Dessa forma, devem

ser considerados fatores como: produção, qualidade, segurança, disponibilidade de capital, custos estimados, necessidade de qualificação de pessoal entre outros.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um comparativo entre armazéns de café nos métodos convencional e automatizado com o intuito de identificar a viabilidade do uso da automação e seu efeito direto na produtividade. Por meio de pesquisa *in loco*, foram mapeadas as etapas do processo de desembarque e os sistemas utilizados em cada tipo de instalação. O estudo de tempos e movimentos foi utilizado para determinar o tempo padrão das operações e a capacidade produtiva dos armazéns, bem como avaliar fatores determinantes para o emprego da automação.

Com as análises observou-se que o tempo padrão de operações do armazém automatizado foi 2,15 vezes inferior quando comparado ao convencional, o que resultou em um aumento na capacidade produtiva de aproximadamente 115%. Ao considerar a relação entre produção e mão de obra alocada, obteve-se um acréscimo de 186% na produtividade do trabalhador. Na literatura, resultados similares em demais setores industriais fundamentam o aumento da capacidade produtiva em consequência da automação de processos.

Assim, conclui-se que com a automação, as operações de desembarque são mais rápidas, o que torna o armazém mais produtivo. Além da produção, fatores operacionais evidenciam sua viabilidade como: menor uso de mão de obra e matéria prima; controle de estoque e sistema de rastreabilidade mais robustos; maior capacidade de planejamento e segurança na execução dos processos. Por outro lado, um ponto que deve ser destacado de forma negativa é a necessidade de investimentos em maquinário.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a análise de viabilidade econômica dos armazéns a fim de realizar uma comparação mais efetiva. No presente trabalho, não foram informados pelos estabelecimentos seus respectivos investimentos e custos de operação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C. M. A qualidade do café e as certificações. **Sociedade e Desenvolvimento Rural**, Brasília, v. 3, p. 3, 2009.
- AMORIN, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração de Qualidade**. 1978. Tese (Livres docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 1978.
- BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos, Projeto e Medida de Trabalho**. Tradução da 6ª edição Americana, Editora Edgard Blücher Ltda, 1977.
- BORÉM, F. M. Armazenamento do café. In: BORÉM, F. M.; ISQUIERDO, E. P.; FERNANDES, S.M.; FERNANDES, M. (Ed.). **Armazenamento do Café**. Lavras, MG: UFLA, 2008. 631 p.
- BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cereja descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, nov./dez. 2008.
- BRANQUINHO, M. A. et al. **Segurança de Automação Industrial e SCADA**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2014.
- BRASILIENSE, H. F. C. **O uso da RFID: Rastreabilidade de bag em armazém de café**. 2015. 62 p. Monografia (Bacharel em Sistemas de Informação)-Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2015.
- CAMPANHA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Safra de café em 2018 é recorde e supera 61 milhões de sacas**. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2626-producao-do-cafe-em-2018-e-recorde-e-supera-61-milhoes-de-sacas>>. Acesso em: 28 mai. 2019.
- CUNHA, G. J. da. **Metodologia para modelagem do sistema agroindustrial visando identificar parâmetros de rastreabilidade e qualidade – aplicação na malacocultura continental**. 2008. 143 p. Tese (Doutor em Engenharia)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café**. Brasília: EMBRAPA/SEDE, 2004. 83 p.
- HERMOSO, T. H. L. et al.. Diferenciação e certificação de café fairtrade. **Revista Conbrad**, Maringá, v.2, n. 3, p. 79-90, 2017.
- JESUS, D. D. de et al. **Análise e comparação da capacidade produtiva de uma empresa fotocopadora em base nas técnicas de engenharia de métodos**. XXXV Enegep, Fortaleza 2015, Anais.
- MILAN, G. S.; PRETTO, M. R.; BASSO, L. C. Um estudo de caso sobre o funcionamento de um armazém automatizado. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 13, n.1, p. 203-230, 2007.

OLIVEIRA, V. C. de; DANIEL, L. A.; SILVA, J. R. Engenharia de serviço aplicada ao agronegócio. **Revista de Estudos e Reflexões Tecnológicas da FATEC Indaiatuba**, Indaiatuba, v. 11, 2013.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. **Qualidade do café (*coffea arabica* l.) colhido em sete épocas diferentes na região de Lavras-MG**. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, Edição Especial, p. 1481-1491, Dec. 2002.

RIBEIRO, F. C. **Armazenamento de café beneficiado em embalagens herméticas com injeção de CO₂**. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

RIBEIRO, M. A. **Fundamentos da Automação**. 1. ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria, 2003.

SAES, M. S. M.; SPERS, E. E. Percepção do consumidor sobre os atributos de diferenciação no segmento rural: café no mercado interno. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 354-367, 2006.

SANTINI, A. G.; **RFID: Conceitos, Aplicabilidade e Impactos**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2008.

SILVA, J. de S. e.; CAMPOS, M. G.; SILVEIRA, S. de F. R. Armazenamento e comercialização de grãos no Brasil. In: SILVA, J. de S. e. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. cap. 1. Disponível em: <https://issuu.com/juarezufv/docs/cap_tulo_1_2013> Acesso em: 28 mai. 2019.

SOUTO, M. S. M. L. **Apostila de Engenharia de métodos**. Curso de especialização em Engenharia de Produção – UFPB. João Pessoa. 2002.

STOCK, J. R.; LAMBERT, D. M. **Strategic logistics management**. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2001.

TARDIN, M. G. et al. **Aplicação de conceitos de engenharia de métodos em uma panificadora. Um estudo de caso na panificadora Monza**. XXXIII Enegep, Salvador 2013, Anais.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO

PRODUTIVIDADE EM ARMAZÉNS DE CAFÉ: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONVENCIONAIS E AUTOMATIZADOS SEGUNDO O ESTUDO DE TEMPOS E MOVIMENTOS

GUSTAVO L. TEMPESTA¹, LEONARDO SCHIASSI²

¹ GRADUANDO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO, DAT/UFLA

² PROFESSOR, DEA/UFLA

Artigo a ser submetido para a Revista Científica Energia na Agricultura

Abstract – The modernization of the production processes became a necessity due to the high competition in the market, being fundamental the reduction of production costs without affecting the quality of goods and services. Against this reality, coffee storage is an activity in which a high level of efficiency is required, so that inadequate practices lead to qualitative and quantitative losses of the product. In this context, the use of automation has become a viable alternative in order to reduce the probability of operational errors, as well as increase warehouse productivity. Together, technologies such as radio frequency identification allow real-time monitoring of product movement within the warehouse, ensuring the preservation of the lot identity and traceability, characteristics required by the coffee sector. The time-motion study, or work study, is a technique widely used for measuring process efficiency, in which it determines the standard time to performing all of its activities and potential production bottlenecks. This paper aimed to map the operations of storage of coffee beans in warehouses in the conventional and automated models, identify the systems involved in the process and, with the aid of the time-motion study, determine the productive capacity of each variant. The results were compared allowing a careful analysis of the technical viability of the use of technology in coffee storage practices, evidencing the benefits of process automation.

Keywords – automation, RFID, work study, storage, coffee cultivation.

Resumo – A modernização dos processos produtivos tornou-se uma necessidade devido à elevada concorrência no mercado, sendo fundamental a redução dos custos de produção sem afetar a qualidade de bens e serviços. De encontro a esta realidade, a armazenagem de café trata-se de uma atividade na qual é exigido alto nível de eficiência, de modo que práticas inadequadas ocasionam em perdas qualitativas e quantitativas do produto. Neste contexto, a utilização da automação têm se tornado uma alternativa viável a fim de reduzir a probabilidade de erros operacionais, bem como aumentar a produtividade dos armazéns. Em conjunto, tecnologias como a identificação por rádio frequência permitem o acompanhamento em tempo real da movimentação do produto dentro do armazém, garantindo a conservação da identidade do lote e sua rastreabilidade, características exigidas pelo setor cafeeiro. O estudo de tempos e movimentos, ou engenharia de métodos, é uma técnica muito utilizada para a medição da eficiência dos processos, no qual determina o tempo padrão para execução de todas as suas atividades e os possíveis gargalos na produção. Este trabalho teve como objetivo mapear as operações de armazenagem de grãos de café em armazéns nos modelos convencional e automatizado, identificar os sistemas envolvidos no processo e, com o auxílio do estudo de tempos e movimentos, determinar a capacidade produtiva de cada variante. Os resultados foram comparados permitindo uma análise criteriosa da viabilidade técnica do emprego da tecnologia nas práticas de armazenagem de café, evidenciando os benefícios da automação de processos.

Palavras-chave – automação, RFID, engenharia de métodos, armazenagem, cafeicultura.

1 Introdução

A cafeicultura destaca-se no agronegócio brasileiro, o país carrega o título de maior produtor mundial de café, tendo produzido 61,7 milhões de sacas beneficiadas na safra de 2018, o que representa um crescimento de 37% em relação ao ano anterior, sendo esta a maior colheita registrada na história (CONAB, 2018). Consequente a este crescimento, para que se evitem gargalos nos processos produtivos, torna-se indispensável elevar a eficiência e reduzir os custos de produção, sem afetar a qualidade do produto final. Surge assim, a necessidade de modernização das práticas do processo de armazenagem (SILVA; CAMPOS; SILVEIRA, 2013).

O café é um produto cujo preço é estabelecido através de fatores qualitativos definidos em especial pelo sabor e aroma (RIBEIRO, 2010). De acordo com Borem et al. (2008), para que o valor do produto seja remunerador, é fundamental preservar sua

qualidade durante o armazenamento. Os métodos de armazenagem dos grãos podem ser classificados de acordo com o recipiente utilizado e sua forma de manuseio. Na armazenagem convencional o café é acondicionado em sacos de juta de 60 kg e manipulado manualmente. De maneira alternativa, embalagens denominadas *big-bags*, com capacidade de 1200 kg, vêm sendo utilizadas por apresentar fácil adaptação à mecanização, minimizando o uso de mão-de-obra (BORÉM, 2008 apud RIBEIRO, 2010).

Neste contexto, com a necessidade de melhorias e agilidade nas operações, a armazenagem tem apresentado evolução, de modo a impulsionar o uso da tecnologia nos processos (BRASILIENSE, 2015). A automação tem se tornado uma alternativa viável, na qual, segundo Branquinho et al. (2014), busca o aperfeiçoamento dos processos, promovendo o aumento da produtividade, valorização do trabalho humano, além da segurança ambiental das operações. Porém, ainda existe o receio de que esta inovação provoque a perda de postos de trabalho, quando de fato, pode ocorrer o efeito inverso. Empresas com

baixa produtividade devido à falta de tecnologia não poderão competir economicamente com as outras, ocasionando em demissões ou até mesmo no encerramento de suas atividades (RIBEIRO, 2003).

Stock e Lambert (2001 apud MILAN; PRETTO; BASSO, 2007) citam como sendo as três funções básicas da armazenagem: a movimentação de materiais; a estocagem; e a transferência de informações. Os sistemas de rastreabilidade são fundamentais para que ocorra esta troca de informações. Estas estruturas são conjuntos de rotinas e procedimentos utilizados para a coleta e armazenamento de dados no qual registram a rota percorrida por um lote do produto desde o fornecedor até o consumidor (CUNHA, 2008). Segundo Brasileiro (2015), os processos que envolvem armazéns de café tais como armazenamento, mapeamento, embarque e desembarque tornam-se mais eficientes e produtivos com a utilização dos identificadores por radiofrequência RFID (*Radio-Frequency Identification*), dispositivos que gradualmente vem substituindo as etiquetas de identificação manual nos sistemas de rastreabilidade (CUNHA, 2008).

O estudo de tempos e movimentos, ou engenharia de métodos, é uma técnica utilizada para a medição da eficiência do trabalho e padronização dos processos produtivos (FERREIRA et al., 2017), no qual busca encontrar a melhor forma para execução de tarefas idealizando métodos mais satisfatórios (SOUTO, 2002 apud TARDIN et al., 2013). Segundo Tardin et al. (2013), esta metodologia tem como objetivo garantir melhor qualidade e reduzir o tempo de produção a fim de se minimizar gargalos ao longo dos processos produtivos. Sendo assim, o estudo de tempos e movimentos se apresenta como uma importante ferramenta para se avaliar a viabilidade da utilização de sistemas e métodos alternativos na execução de atividades.

O presente trabalho tem como objetivo realizar a análise da viabilidade técnica e produtiva do emprego da automação nas práticas de armazenagem de grãos de café. Para tanto, foi realizado o mapeamento das operações de desembarque em armazéns nos tipos convencional e automatizado, e identificado os seus sistemas. Com o auxílio do estudo de tempos e movimentos, determinou-se o tempo padrão e a capacidade produtiva de cada instalação a fim de se evidenciar os benefícios da utilização da automação de processos. Não estão no escopo deste trabalho análises de natureza econômica como investimentos, custos de operação entre outros indicadores.

O restante do artigo está dividido da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia do trabalho, descrevendo a coleta de dados e as técnicas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa. Na Seção 3, são apresentadas as análises obtidas por meio da observação em ambiente real dos armazéns, como o mapeamento da operação de desembarque e a integração dos sistemas utilizados na execução da

atividade. Ainda na Seção 3, é feita a aplicação do estudo de tempos e movimentos e cálculos de capacidade produtiva, bem como as discussões referentes aos resultados obtidos. Na Seção 4, por fim, são apresentadas as conclusões do projeto e considerações finais.

2 Metodologia

As observações foram realizadas em armazéns de café situados nas cidades de Varginha e Três Pontas, no Sul de Minas Gerais, sendo selecionadas instalações que realizassem suas atividades de duas maneiras distintas: (a) de forma manual, através de métodos convencionais de armazenagem, com as sacarias de juta arranjadas em paletes; e (b) por meio de sistemas automatizados, no qual o café é acondicionado em *big-bags* através de maquinário controlado automaticamente.

Inicialmente, foram mapeadas as operações globais de um armazém de café, com o propósito de analisar qual a operação mais relevante para o emprego do estudo de tempos e movimentos e na determinação da capacidade produtiva de cada método de armazenagem.

2.1 Estudo de tempos

As ferramentas necessárias para a execução do estudo de tempo consistem em: equipamento medidor e equipamento auxiliar para observações (BARNES, 1977). Deste modo, para medição dos tempos foi utilizado o aplicativo Cronômetro em um *smartphone* e uma prancheta com formulário de observações desenvolvido para facilitar o registro dos dados e anotações como: descrição da operação, leituras do cronômetro e avaliação de ritmo dos operadores.

Para Barnes (1977), a execução do estudo de tempo pode variar, porém, oito passos são sempre necessários, conforme apresentado nas próximas subseções.

2.1.1 Registro de informações sobre a operação em estudo

Inicialmente, fez-se necessário entrevistar os profissionais envolvidos nos processos de cada armazém. O registro das informações e demais anotações a cerca do estudo são fundamentais nesta etapa para que seja possível mapear de forma fiel o fluxo de trabalho das instalações

2.1.2 Divisão da operação em elementos e descrição completa do método

A cronometragem de uma operação inteira raramente é satisfatória, não se equivalendo ao estudo de tempos (BARNES, 1977). Dessa forma, realizou-se a divisão das operações de desembarque

em elementos curtos, se atentando para que a atividade não fosse dividida de forma excessiva ou insuficiente.

2.1.3 Registro do tempo cronometrado

Após a divisão da operação, foram realizadas as cronometragens iniciais dos elementos separadamente, de modo que o tempo de cada etapa fosse registrado e anotado no formulário de observações.

2.1.4 Determinação do número de ciclos a ser cronometrados

Por se tratar de um processo de amostragem, um número adequado de ciclos cronometrados é exigido para que o estudo de tempos apresente resultados consistentes. Deste modo, para determinar a quantidade mínima de ciclos a serem cronometrados foi utilizado um cálculo estatístico conforme apresentado na equação (1) por Peinado e Graeml (2007).

$$N = \left(\frac{Z \times R}{Er \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

em que N é o número de ciclos a serem cronometrados; Z é o coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada; R é a amplitude da amostra; Er é o erro relativo da medida; d_2 é o coeficiente em função do número de cronometragens iniciais realizadas; \bar{x} é a média dos valores das observações. Os valores dos coeficientes Z e d_2 utilizados nos cálculos são apresentados no ANEXO A deste trabalho.

2.1.5 Verificação se a quantidade de ciclos cronometrados foi suficiente

Nesta etapa foi verificado se a quantidade de cronometragens iniciais realizadas satisfazia o número mínimo de ciclos obtidos pela equação (1). Caso as leituras necessárias não fossem cumpridas, a coleta de dados deveria ser reiniciada até atingir o valor requerido.

2.1.6 Avaliação do ritmo do operador

A determinação da velocidade é feita de forma subjetiva pelo observador, no qual quando considerada em ritmo normal atribui-se o fator de 100% (PEINADO; GRAEML, 2007). Nos casos de velocidade acima ou abaixo do comum, atribui-se fatores superiores e inferiores a 100%, respectivamente. Assim, a medida da velocidade foi incluída ao tempo registrado para efeito de normalização do trabalho. A equação (2) apresenta o cálculo do chamado tempo normal:

$$TN = TC \times v \quad (2)$$

em que TN é o tempo normal, TC é o tempo médio cronometrado, e v a velocidade do operador.

2.1.7 Determinação de tolerâncias

O tempo normal não leva em consideração os intervalos realizados pelo trabalhador durante sua carga horária, porém, é impossível que uma pessoa trabalhe o dia todo sem interrupções. Deste modo, foi necessário acrescentar um fator de tolerância para obter-se o tempo padrão da atividade. As tolerâncias podem ser classificadas em: tolerância para atendimento às necessidades pessoais, tolerância para alívio de fadiga e tolerância para espera, sendo que a última não necessariamente deve fazer parte do tempo padrão (BARNES, 1977).

A equação (3) apresentada por Peinado e Graelm (2007) retrata o cálculo do fator de tolerância em função dos tempos de permissão concedidos pela empresa:

$$FT = \frac{1}{1 - p} \quad (3)$$

em que: FT é o fator de tolerância, e p a taxa de tempo ocioso, ou seja, o tempo de intervalo dado dividido pelo tempo de trabalho.

2.1.8 Determinação do tempo padrão para a operação

O tempo padrão determina o tempo gasto para execução de uma tarefa realizada por pessoal qualificado em condições normais de trabalho. Nele deve conter a duração de todos os elementos da operação cronometrados, bem como de todas as tolerâncias, compensando o tempo em que o operador não trabalha (BARNES, 1977). Assim, o tempo padrão foi calculado por meio da equação (4).

$$TP = TN \times FT \quad (4)$$

em que: TP é o tempo padrão, TN o tempo normal e FT o fator de tolerância.

Atividades acíclicas são tarefas que não são feitas sempre que um produto é produzido. Portanto, deve-se verificar a ocorrência de atividades de *setup* (ocorrem na preparação para que se produza um novo produto) e de finalização (ocorrem quando se produz uma determinada quantidade do produto) no processo. Os tempos destas atividades devem ser separados do tempo da operação, e precisam ser cronometrados separadamente (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Para determinar o tempo padrão para um lote, foi verificado o número de vezes que ocorrem *setups* e finalizações para o lote do produto. Para tanto, a equação (5), apresentada por Martins e Laugeni (2005), foi utilizada.

$$TP_{lote} = (n \times TS) + p(\sum TP) + (f \times TF) \quad (5)$$

em que: TP_{lote} é o tempo padrão para produção de um lote, n é o número de *setups* que devem ser feitos, TS é o tempo padrão de *setup*, p é a quantidade de peças do lote, TP é o tempo padrão, f é o número de finalizações que devem ser feitas e TF o tempo padrão de finalização.

Para a atividade de desembarque de café, tal analogia foi válida, pois na recepção dos lotes, atividades de *setup* e finalização são necessárias durante o processo.

2.2 Capacidade produtiva

A capacidade produtiva de uma empresa determina o potencial de produção que ela possui, ou seja, a máxima produção possível em determinado período de tempo e perante circunstâncias normais de trabalho (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002). Assim, o valor da produção foi obtido pela equação (6), conforme apresenta Kato, Takaki e Souza (2003).

$$Cp = \frac{CH}{TP} \quad (6)$$

em que: Cp é a capacidade produtiva, CH é a carga horária diária de trabalho e TP é o tempo padrão da operação.

2.3 Estudo de movimentos

O estudo de movimentos é um método analítico, diferentemente do estudo de tempos no qual envolve medida. A partir desta metodologia avaliam-se diversos fatores cruciais para tomada de decisão na substituição do trabalho manual para o automatizado como: produção, custos de mão de obra, investimento, qualidade, segurança, vida útil, entre outros (BARNES, 1977). Para realizar esse tipo de análise, Barnes (1977) propõe a utilização dos princípios da economia de movimentos no processo manual, com o objetivo de garantir que o método mais eficiente seja utilizado como base na avaliação do processo automatizado. Estes princípios estabelecem condições satisfatórias de trabalho levando em conta o uso do corpo humano, local e utilização econômica de materiais. Desta forma, considerou-se que os processos do armazém convencional estão em seu melhor desempenho. Assim, a viabilidade da utilização do sistema automatizado em armazéns de café foi analisada por meio da comparação entre mão de obra e capacidade produtiva por colaborador em cada instalação, além da verificação de outros aspectos como qualidade e segurança das operações.

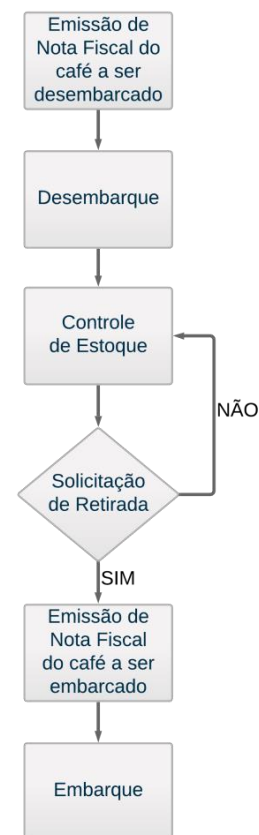
3 Resultados e Discussão

A seguir, são apresentadas as análises obtidas através do mapeamento das operações de armazenagem e dos resultados dos cálculos realizados conforme metodologia descrita na Seção 2.

3.1 Mapeamento das operações de um armazém de café

Observou-se que grande parte dos armazéns de café são unidades de prestação de serviço, em que o produto é conservado de acordo com a necessidade do seu proprietário. Os processos envolvidos nestas instalações são: desembarque, controle de estoque e embarque. A Figura 1 ilustra de modo simplificado o fluxo de operações realizadas nos armazéns de café.

Figura 1: Operações de um armazém de café.



Fonte: Autor (2019).

As operações se iniciam com a emissão da nota fiscal do produto, a entrada dos lotes é autorizada somente com a apresentação e conferência deste documento. Quando desembarcados, os lotes são identificados e amostrados para classificação de sua qualidade.

Por fim, o café é depositado em locais endereçados no armazém. O desembarque pode ser realizado de diferentes formas, dependendo do método e tecnologia empregada. Durante todo o período de armazenagem é essencial que haja o controle de estoque dos lotes. Este procedimento permite o rastreamento dentro do armazém, o que garante a conservação da identidade do café. O mesmo permanecerá estocado até que sua retirada

seja solicitada pelo proprietário. Nos casos de retirada também deve ser emitida uma nota fiscal. Assim, após a autorização, realiza-se o embarque do produto. Da mesma forma que o desembarque, este processo pode ser realizado por diferentes métodos.

A partir do mapeamento das operações, observou-se que o desembarque realizado de forma adequada garante o bom funcionamento e organização do armazém e, portanto, exige eficiência em períodos de grande fluxo. Assim, foi realizada a análise desse processo nas metodologias convencional e automatizada para obtenção dos índices de produtividade.

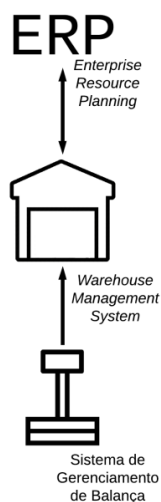
3.2 Estudo de tempos

Para aplicação do estudo, foram analisadas somente as operações executadas no interior das instalações durante o desembarque, no qual são descritas nas Subseções 3.2.1 e 3.2.2, desconsiderando as atividades de cadastro e pesagem que não influenciam diretamente na produtividade do armazém. A fim de se realizar os cálculos, considerou-se o recebimento de um lote de 30t de café (500 sacas) transportado por um único veículo.

3.2.1 Processo convencional

No armazém convencional analisado, verificou-se a utilização de sacarias de juta dispostas em paletes, no qual os lotes são manipulados por empilhadeiras. Com o mapeamento dos processos de desembarque, foram identificados os softwares responsáveis pelo controle das atividades. A Figura 2 exibe um diagrama em que representa a integração entre o Sistema de Gestão Empresarial - ERP (*Enterprise Resource Planning*), Sistema de Gerenciamento de Armazém - WMS (*Warehouse Management System*) e Sistema de Gerenciamento de Balança.

Figura 2: Integração dos sistemas utilizados na armazenagem convencional: ERP, WMS e Gerenciamento de Balança.

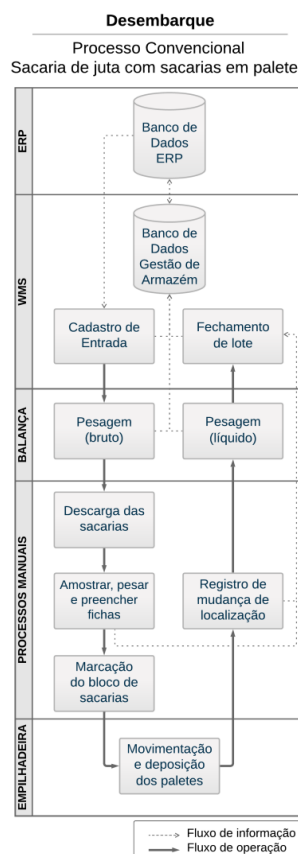


Fonte: Autor (2019).

O ERP comunica diretamente com o WMS, cedendo informações contidas no seu banco de dados como: dados de clientes, lançamento de vendas, entre outros. Em contrapartida o WMS, responsável pelo controle e mapeamento do estoque do armazém, realiza o envio dos dados gerados ao longo das operações para o ERP. O Sistema de Gerenciamento de Balança é acionado através de uma balança rodoviária, utilizada na pesagem do caminhão antes e após o desembarque. Esse sistema realiza a comunicação de forma unilateral com o WMS somente enviando os dados das pesagens realizadas, no qual são vinculados ao seu respectivo lote.

Através da divisão da operação em elementos tornou-se possível realizar a descrição completa do desembarque no método convencional para aplicação do estudo de tempos. A Figura 3 apresenta o fluxo de atividades e de informações provenientes do processo.

Figura 3: Fluxo de atividades da operação de desembarque de café utilizando o processo convencional com as sacarias em paletes.



Fonte: Autor (2019).

Inicialmente, com a autorização do desembarque, é realizado o cadastro da entrada do café no WMS. O caminhão passa pela balança para que seja determinado seu peso bruto e com isso, se inicia a descarga das sacarias nos paletes e amostragem de cada embalagem recebida. Cada palete suporta no máximo 20 sacarias, na qual, depois de empilhadas, se faz a pesagem do bloco e o preenchimento das fichas de cadastro. Cada bloco de sacarias é marcado em tinta de acordo com o número

de lote cadastrado. Toda essa etapa é realizada integralmente de forma manual.

Por fim, com o uso de uma empilhadeira, é feita a movimentação e deposição dos paletes em endereços específicos do armazém. A localização atual do lote depositado é registrada em um formulário. Após o recebimento de todo o volume de café, uma nova pesagem do caminhão é realizada, determinando o peso líquido desembarcado. Assim, as fichas dos lotes são enviadas para cadastro no WMS e, posteriormente, realiza-se o fechamento dos lotes no sistema.

Durante a preparação para a coleta de dados, observou-se que alguns elementos, mesmo sendo executados por sistemas diferentes, ocorriam simultaneamente, o que exigiu seu agrupamento durante as cronometragens. De forma oposta, outros foram fracionados por apresentarem aspecto consecutivo. Assim, os elementos da operação de desembarque convencional são: (a) descarregar sacarias; (b) amostrar sacarias; (c) pesar bloco e preencher fichas; (d) marcação do bloco de sacarias; e (e) mover, depositar e registrar.

Pela equação (1) determinou-se o número de ciclos (N) necessários para aplicação do estudo de tempos. Foram utilizadas cinco cronometragens iniciais para cada elemento ($d_2 = 2,326$), com grau de confiabilidade de 90% ($Z=1,65$) e erro relativo de 10,5% (Er). Os dados da Tabela 1 indicam os tempos obtidos em cada cronometragem (C_i), suas médias (\bar{x}) e a determinação do número de ciclos (N).

Tabela 1. Determinação do número de cronometragens necessárias para aplicação do estudo de tempos na operação de desembarque do armazém convencional.

Elemento	C1[s]	C2[s]	C3[s]	C4[s]	C5[s]	\bar{x} [s]	N
Descarregar sacarias	4,73	6,06	6,28	5,63	6,67	5,87	4,99
Amostrar sacarias	3,36	3,85	3,31	2,78	3,25	3,31	4,77
Pesar bloco e preencher fichas	42,66	58,19	53,68	46,51	56,34	51,48	4,15
Marcação do bloco de sacarias	19,96	28,08	25,19	22,48	27,84	24,71	4,93
Mover, depositar e registrar	85,56	117,67	95,90	96,59	106,87	100,52	4,66

Fonte: Autor (2019).

De acordo com os dados obtidos, observa-se que o número de cronometragens igual a cinco é válido para aplicação do estudo de tempos nos parâmetros fixados, sendo $N \leq 5$ para todos os elementos.

Utilizando a equação (2), calculou-se o tempo normal (TN) dos elementos. Desse modo, foi analisado junto ao responsável pelas operações do armazém o ritmo (v) de execução dos elementos em relação à velocidade normal. A equação (3) foi utilizada para determinar o fator de tolerância (FT), considerando que a jornada de trabalho no armazém é de 8h, e que o tempo de intervalo é de

aproximadamente 30 minutos. Pela equação (4) foi obtido o tempo padrão (TP) para cada elemento. Por fim, utilizou-se a equação (5) para determinar o tempo padrão (TP_{lote}) na recepção de um lote de 30 toneladas de café. Para tanto, identificou-se as atividades de setup (S) e de finalização (F), seus respectivos números de ocorrência (n, f), assim como a quantidade de sacarias armazenadas (p), de modo a se obter o tempo padrão total de cada elemento da operação (TP_{elem}). A Tabela 2 apresenta os resultados dos cálculos.

Tabela 2. Aplicação do estudo de tempos no desembarque de 30 toneladas de café em um armazém convencional para obtenção do tempo padrão do lote.

Elemento	TC [s]	V [%]	TN [s]	FT	TP [s]	S/F	n/f/p	TP _{elem} [s]
Descarregar sacarias	5,87	100	5,87	1,066667	6,26	-	500	3130,00
Amostrar sacarias	3,31	100	3,31	1,066667	3,53	-	500	1765,00
Pesar bloco e preencher fichas	51,48	100	51,48	1,066667	54,91	S	25	1372,75
Marcação do bloco de sacarias	24,71	95	23,47	1,066667	25,04	S	25	626,00
Mover, depositar e registrar	100,52	100	100,52	1,066667	107,22	F	1	107,22
TP_{lote}[s]								7000,97

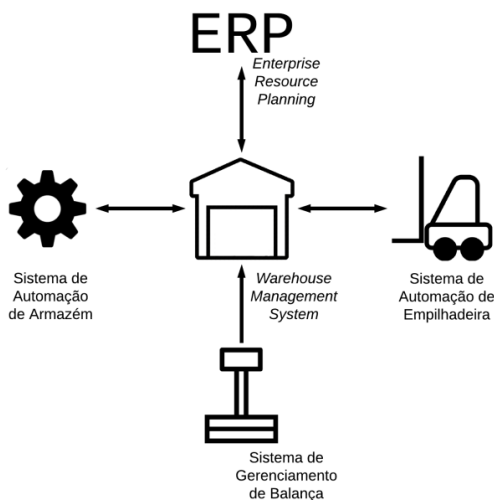
Fonte: Autor (2019).

Como a capacidade máxima de um palete é equivalente a 20 sacas de café, o recebimento de um lote de 30 toneladas é dividido em 25 blocos. A ação do elemento "mover, movimentar e registrar" é contabilizada apenas uma vez ($f = 1$), quando o último palete do lote é depositado. Essa consideração é feita por se tratar de uma atividade independente das anteriores e, portanto, realizada de forma simultânea durante o processo. Ou seja, enquanto o operador da empilhadeira deposita o palete no interior do armazém, os demais colaboradores reiniciam o processo, realizando a descarga das sacarias em um novo bloco, repetidas vezes, até que todo o lote esteja descarregado. Assim, o tempo padrão para desembarque de um lote de 30 toneladas de café em armazém convencional é de aproximadamente 01h57min.

3.2.2 Processo automatizado

No outro armazém analisado, o café é recebido à granel e armazenado em *big-bags* através de um sistema de recepção automatizado. De forma análoga ao processo convencional, foram identificados os softwares responsáveis pelo controle das atividades inerentes ao desembarque. A Figura 4 demonstra a integração entre ERP, WMS, Sistema de Gerenciamento de Balança, Sistema de Automação de Armazém e Sistema de Automação de Empilhadeira.

Figura 4: Integração dos sistemas utilizados na armazenagem automatizada. Sendo: ERP, WMS, Sistema de Gerenciamento de Balança, Automação de Armazém e Automação de Empilhadeira.



Fonte: Autor (2019).

O ERP e o sistema de Gerenciamento de Balança funcionam da mesma maneira. Já o WMS realiza a integração com os softwares adicionais, transferindo dados e enviando comandos. O Sistema de Automação controla e supervisiona todo o maquinário do armazém, sendo responsável pelas etapas de descarga e acondicionamento dos lotes. Os comandos para sua ativação são enviados através do WMS, porém, também é possível acioná-los de forma independente pelo supervisor ou em modo local. Os dados referentes ao estado dos maquinários ao longo do processo são enviados para o WMS.

O sistema de automação das empilhadeiras realiza a atualização do endereçamento dos lotes utilizando a tecnologia RFID, na qual permite a transferência de informações entre a máquina e elementos do armazém por meio de radiofrequência. O sistema é controlado por um módulo com software próprio, no qual processa os dados e intermedia a comunicação entre os sensores da empilhadeira e o WMS. Um monitor é instalado no painel da empilhadeira que exibe em tempo real os dados do WMS como mapa de ocupação e informações de cada *bag* do armazém.

Por meio da divisão da operação em elementos, tornou-se possível realizar a descrição dos processos de desembarque no método automatizado, conforme apresentado pela Figura 5.

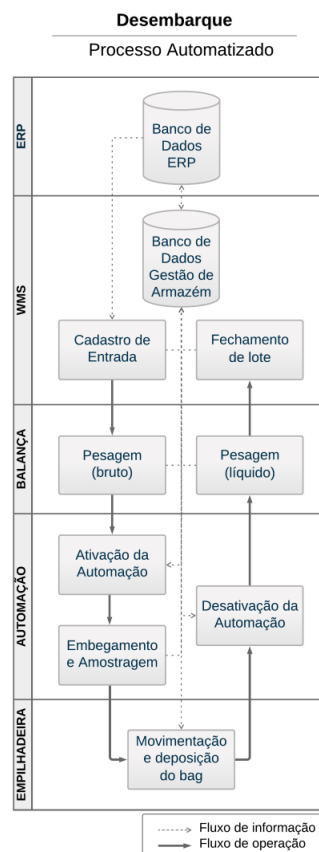
Os processos iniciais de cadastro de entrada e pesagem do caminhão ocorrem como no armazém convencional. Após ser pesado, o caminhão carregado a granel é suspenso pelo tombador e então o sistema de automação recebe o comando para ativação. Na medida em que é recebido pela moega, o café percorre os dutos e começa a ser armazenado nos *big-bags* (1,2 toneladas) enquanto a embalagem é pesada na balança industrial. Essa etapa é conhecida como embegamento.

Simultaneamente, as amostras de cada embalagem são coletadas de maneira automática e encaminhadas para o setor de classificação. Quando

um *bag* é cheio, fixa-se junto a ele uma *tag* RFID, de modo que informações como peso e posição no armazém, são associadas a esses dispositivos. A empilhadeira possui sensores de leitura RFID para identificação dessas *tags* e das que são posicionadas no piso do armazém para reconhecimento de alas. Assim sendo, a empilhadeira retira o *bag* da balança e associa os dados do WMS ao número da *tag* lida pelo sensor. O operador realiza a movimentação do *bag* e o deposita no armazém.

Ao ser armazenado, o endereço do *big-bag* manipulado é atualizado automaticamente para sua nova posição. Ao fim do processo de recebimento, é enviado o comando para desativar o sistema de automação. Porém, antes é executada uma rotina de segurança com o objetivo de prevenir que haja resíduos de café no interior dos dutos. Após a limpeza e fechamento das válvulas de controle, o caminhão é retirado do tombador e, então, realiza-se novamente sua pesagem para determinação do peso líquido desembarcado. Assim, o WMS executa o fechamento do lote e realiza a integração com o ERP.

Figura 5: Fluxo de atividades da operação de desembarque de café utilizando o processo automatizado com recepção de café a granel.



Fonte: Autor (2019).

Para a coleta de dados, alguns elementos foram fracionados, assim, os elementos da operação de desembarque automatizado são: (a) ativar tombador; (b) ativar sistema de automação; (c) embegar e amostrar; (d) mover e depositar *bags*; (e) desativar tombador; e (f) desativar sistema de automação.

A Tabela 3 indica o número de ciclos necessários para aplicação do estudo de tempos (N)

no qual foram utilizados os mesmos parâmetros da seção 3.2.1. Observa-se que as cinco cronometragens iniciais realizadas são válidas para aplicação do estudo de tempos, sendo $N \leq 5$ para todos os elementos da operação.

Tabela 3. Determinação do número de cronometragens necessárias para aplicação do estudo de tempos na operação de desembarque do armazém automatizado.

Elemento	C1[s]	C2[s]	C3[s]	C4[s]	C5[s]	\bar{x} [s]	N
Ativar tombador	134,81	127,78	136,91	158,15	122,59	136,05	3,12
Ativar sistema de automação	55,26	47,33	50,17	45,41	53,31	50,30	1,75
Embegar e amostrar	88,24	87,79	97,13	86,95	92,94	90,61	0,58
Mover e depositar bags	113,65	101,02	93,13	121,05	106,71	107,11	3,10
Desativar tombador	70,16	69,48	66,82	70,98	72,71	70,03	0,32
Desativar sistema de automação	31,15	37,15	34,80	28,97	35,22	33,46	2,73

Fonte: Autor (2019).

Para determinar o tempo padrão no desembarque de um lote de 30 toneladas de café no armazém automatizado, foram utilizadas as equações (2), (3), (4) e (5), considerando as atividades de setup (S) e finalização (F) bem como os números de ocorrência (n, f, p). Identificou-se que o ritmo de execução das operações é constante ($v = 100\%$) devido à padronização do trabalho em consequência da automação dos processos. A jornada de trabalho na instalação também é de 8h com intervalo em média de 30 minutos. Os resultados referentes ao tempo normal (TN), fator de tolerância (FT) e o tempo padrão para os elementos (TP_{elem}) e lote (TP_{lote}) são apresentados pela Tabela 4.

Tabela 4. Aplicação do estudo de tempos no desembarque de 30 toneladas de café em um armazém automatizado para obtenção do tempo padrão do lote.

Elemento	TC [s]	v [%]	TN [s]	FT	TP [s]	S/F	n/f/p	TP_{elem} [s]
Ativar Tombador	136,05	100	136,05	1,066667	145,12	S	1	145,12
Ativar sistema de automação	50,30	100	50,30	1,066667	53,65	S	1	53,65
Embegar e amostrar	90,61	100	90,61	1,066667	96,65	S	1	96,65
Mover e depositar bags	107,11	100	107,11	1,066667	114,25	-	25	2856,25
Desativar tombador	70,03	100	70,03	1,066667	74,70	F	1	74,70
Desativar sistema de automação	33,46	100	33,46	1,066667	35,69	F	1	35,69
					TP_{lote} [s]	3262,06		

Fonte: Autor (2019).

Os elementos referentes à ativação e desativação foram considerados, respectivamente, como *setup* e finalização e realizados uma única vez durante o processo. A ação "embegar e amostrar" também foi contabilizada uma única vez ($s = 1$), quando o primeiro *big-bag* é preenchido, sendo assim um elemento de *setup*. Essa consideração foi feita, pois, a partir da preparação da segunda unidade, essas atividades tornam-se simultâneas ao elemento "mover e depositar bags". Dessa forma, o tempo padrão para o desembarque de um lote de 30 toneladas de café em armazém automatizado foi de aproximadamente 00h54min.

Observou-se que, nas circunstâncias apresentadas, o mesmo é 2,15 vezes mais rápido se comparado ao método convencional. Tal discrepância pode ser relacionada a fatores como: agilidade da descarga a granel, utilização de *big-bags*, automação nos processos de amostragem e acondicionamento de embalagens, e registro de informações dos lotes por meio da tecnologia RFID.

3.3 Cálculo da capacidade produtiva

Com a determinação do tempo padrão de desembarque para ambos os armazéns, calculou-se pela equação (6) suas respectivas capacidades produtivas, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5. Capacidade produtiva diária do desembarque em armazéns de café nos métodos convencional e automatizado considerando o recebimento de lotes de 500 sacas.

Método	Cp [lote]	Cp [sacas]	Cp [t]
Armazém convencional com utilização de sacarias dispostas em paletes	4,11	2055	123,30
Armazém automatizado com recepção a granel	8,83	4415	264,90

Fonte: Autor (2019).

Observou-se que adotando a automação nos processos de desembarque, a capacidade produtiva diária foi acrescida em mais de 140 toneladas de café, o equivalente a um aumento de 115% em relação ao método convencional. Para Lacerda e Teixeira (2009) a modernização da indústria é a opção mais adequada para o aumento da capacidade de produção no longo prazo quando comparada a estratégias como uso de horas extras e terceirização. Carvalho, Guarnieri e Scheim (2012) apresentam uma análise acerca do aumento de produção em decorrência da automação na indústria alimentícia. Segundo o estudo, com o investimento no setor de embalagens, foi obtido um aumento de aproximadamente 43% da produção diária. Os autores ainda evidenciam a redução em 50% do número de funcionários alocados no setor, possibilitando a transferência dos mesmos para setores da empresa com maior necessidade.

3.4 Estudo de movimentos

Através da comparação entre as instalações, observou-se uma redução da mão de obra e um aumento na produtividade com a utilização do sistema automatizado. Tal comparação foi realizada considerando que o armazém convencional atendia aos princípios da economia de movimentos. Para mensurar essas variações, calculou-se a capacidade produtiva média por colaborador identificando a quantidade mínima de trabalhadores em cada armazém e suas funções exercidas. No modelo convencional foram necessários quatro profissionais: um auxiliar de armazém, dois auxiliares de descarga e um operador de empilhadeira. Para o automatizado, três colaboradores foram alocados: um auxiliar de armazém, um alçador de *bags* e um operador de empilhadeira. A Tabela 6 apresenta a capacidade produtiva diária média por colaborador em cada sistema.

Conforme dados da Tabela 6, o armazém automatizado quando comparado ao método convencional, apresentou aumento de produtividade de aproximadamente 60 toneladas diárias por colaborador, o que corresponde a um crescimento de 186%. Barnes (1977) cita em seu livro os resultados da análise de diferentes métodos de produção em uma fábrica de classificação e empacotamento de ovos. Segundo o autor, com a mecanização os números da indústria passaram de 112 dúzias de ovos manuseados por operador/hora para 257 dúzias, ou seja, um acréscimo de 129% na produtividade individual dos trabalhadores.

Tabela 6. Alocação de pessoal e produtividade no desembarque em armazéns de café nos métodos convencional e automatizado considerando o recebimento de lotes de 500 sacas.

Método	Total de colaboradores alocados	Capacidade produtiva [t]	
		Diária [t]	Média diária por colaborador [t]
Armazém convencional com utilização de sacarias dispostas em paletes	4	123,30	30,825
Armazém automatizado com recepção a granel	3	264,90	88,300

Fonte: Autor (2019).

O uso da automação traz ainda outras consequências nos processos de armazenagem. Uma delas é a necessidade da qualificação da mão de obra, pois com a substituição de atividades manuais por mecanizadas, um maior conhecimento técnico é exigido dos operadores. Em relação ao controle de estoque, o uso do sistema RFID assegura a rastreabilidade do café em todo o período de armazenagem, além de contribuir para o planejamento das operações através do acesso aos dados em tempo real. No âmbito da segurança, o acionamento automático de toda a planta

impossibilita falhas humanas no processo, evitando perdas e acidentes de trabalho.

A viabilidade econômica também é essencial na determinação do método mais adequado a ser utilizado. Fatores como investimento e custo total de produção devem ser analisados em cada método, levando em consideração salários, despesas de operação, manutenção, depreciação de equipamentos, matéria prima, entre outros. No entanto, informações financeiras não foram disponibilizadas pelos armazéns, impossibilitando tal análise neste trabalho.

Ainda assim, fatores como redução no uso embalagens, é facilmente perceptível. De modo que um *big-bag* tem capacidade de armazenamento vinte vezes maior que uma sacaria de juta. Tal característica reflete não só pela redução do esforço de trabalho, mas também na economia de matéria prima, visto que *big-bags* são mais baratos e possuem maior vida útil.

4 Conclusão

Este trabalho apresentou um comparativo entre armazéns de café nos métodos convencional e automatizado com o intuito de identificar a viabilidade do uso da automação e seu efeito direto na produtividade. Por meio de pesquisa *in loco*, foram mapeadas as etapas do processo de desembarque e os sistemas utilizados em cada tipo de instalação. O estudo de tempos e movimentos foi utilizado para determinar o tempo padrão das operações e a capacidade produtiva dos armazéns, bem como avaliar fatores determinantes para o emprego da automação.

Com as análises observou-se que o tempo padrão de operações do armazém automatizado foi 2,15 vezes inferior quando comparado ao convencional, o que resultou em um aumento na capacidade produtiva de aproximadamente 115%. Ao considerar a relação entre produção e mão de obra alocada, obteve-se um acréscimo de 186% na produtividade do trabalhador. Na literatura, resultados similares em demais setores industriais fundamentam o aumento da capacidade produtiva em consequência da automação de processos.

Assim, conclui-se que com a automação, as operações de desembarque são mais rápidas, o que torna o armazém mais produtivo. Além da produção, fatores operacionais evidenciam sua viabilidade como: menor uso de mão de obra e matéria prima; controle de estoque e sistema de rastreabilidade mais robustos; maior capacidade de planejamento e segurança na execução dos processos. Por outro lado, um ponto que deve ser destacado de forma negativa é a necessidade de investimentos em maquinário.

Como proposta para trabalhos futuros, sugere-se a análise de viabilidade econômica dos armazéns a fim de realizar uma comparação mais efetiva. No presente trabalho, não foram informados pelos estabelecimentos seus respectivos investimentos e custos de operação.

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos aos armazéns Minasul e Ouro Minas, pela disponibilidade para realização desta pesquisa.

Referências

- BARNES, R. M. Estudo de Movimentos e de Tempos, Projeto e Medida de Trabalho. Tradução da 6ª edição Americana, Editora Edgard Blücher Ltda, 1977.
- BORÉM, F. M. Armazenamento do café. In: BORÉM, F. M. et al. (Ed.). Armazenamento do Café. Lavras, MG: UFLA, 2008. 631 p.
- BORÉM, F. M. et al. Avaliação sensorial do café cerejeira descascado, armazenado sob atmosfera artificial e convencional. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1724-1729, nov./dez. 2008.
- BRANQUINHO, M. A. et al. Segurança de Automação Industrial e SCADA. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2014.
- BRASILIENSE, H. F. C. O uso da RFID: Rastreabilidade de bag em armazém de café. 2015. 62 p. Monografia (Bacharel em Sistemas de Informação)-Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2015.
- CAMPANHA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Safra de café em 2018 é recorde e supera 61 milhões de sacas. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2626-producao-do-cafe-em-2018-e-recorde-e-supera-61-milhoes-de-sacas>>. Acesso em: 28 mai. 2019.
- CARVALHO, V. S., GUARNIERI, A. B.; SCHEIN, S. XXXII Enegep, Bento Gonçalves, 2012.
- CUNHA, G. J. da. Metodologia para modelagem do sistema agroindustrial visando identificar parâmetros de rastreabilidade e qualidade – aplicação na malacocultura continental. 2008. 143 p. Tese (Doutor em Engenharia)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- FERREIRA, L. A. F. et al.. Engenharia de Métodos: uma revisão de literatura sobre o estudo de tempos e movimentos. Refas - Revista Fatec Zona Sul, São Paulo, v.4, n.3, 2018.
- KATO, A. K., TAKAKI, E. Y., SOUZA, G. C. Modelagem da capacidade produtiva através da aplicação da engenharia de métodos em uma empresa de beneficiamento de mármore e granitos. XXIII Enegep, Ouro Preto, 2003.
- LACERDA, J. M.; TEIXEIRA, M. A. Aumento da capacidade de produção. 4º SSIA, Belo Horizonte, 2009.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MILAN, G. S.; PRETTO, M. R.; BASSO, L. C. Um estudo de caso sobre o funcionamento de um armazém automatizado. *Revista Eletrônica de Administração*, Porto Alegre, v. 13, n.1, p. 203-230, 2007.
- PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.
- RIBEIRO, F. C. Armazenamento de café beneficiado em embalagens herméticas com injeção de CO₂. 2010. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- RIBEIRO, M. A. Fundamentos da Automação. 1. ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria, 2003.
- SILVA, J. de S. e.; CAMPOS, M. G.; SILVEIRA, S. de F. R. Armazenamento e comercialização de grãos no Brasil. In: SILVA, J. de S. e. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. cap. 1. Disponível em: <https://issuu.com/juarezufv/docs/cap_tulo_1_2013> Acesso em: 28 mai. 2019.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.
- SOUTO, M. S. M. L. Apostila de Engenharia de métodos. Curso de especialização em Engenharia de Produção – UFPB. João Pessoa. 2002.
- STOCK, J. R.; LAMBERT, D. M. Strategic logistics management. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2001.
- TARDIN, M. G. et al. Aplicação de conceitos de engenharia de métodos em uma panificadora. Um estudo de caso na panificadora Monza. XXXIII Enegep, Salvador, 2013.

Anexo A – Tabelas de coeficientes para determinação do número de ciclos a ser cronometrados

1 Coeficiente de distribuição normal

Tabela 7. Coeficiente de distribuição normal (Z).

Probabilidade (%)	Z
90	1,65
91	1,70
92	1,75
93	1,81
94	1,88
95	1,96
96	2,05
97	2,17
98	2,33
99	2,58

Fonte: Adaptado de Peinado e Graelm (2007).

2 Coeficiente em função do número de cronometragens iniciais realizadas.

Tabela 8. Coeficiente para cronometragens iniciais (d₂).

N	d₂
2	1,128
3	1,693
4	2,059
5	2,326
6	2,534
7	2,704
8	2,847
9	2,970
10	3,078

Fonte: Adaptado de Peinado e Graelm (2007).