

Coletânea de Pesquisa do IFMG *Campus Congonhas* 2025

Sandro Coelho Costa
Thaís Campos Maria
(orgs.)

Coletânea de Pesquisa do IFMG *Campus Congonhas* 2025

Sandro Coelho Costa
Thaís Campos Maria
(orgs.)

Conselho Editorial

Profa. Dra. Andrea Domingues
Prof. Dr. Antônio Carlos Giuliani
Prof. Dr. Antonio Cesar Galhardi
Profa. Dra. Benedita Cássia Sant'anna
Prof. Dr. Carlos Bauer
Profa. Dra. Cristianne Famer Rocha
Prof. Dr. Cristóvão Domingos de Almeida
Prof. Dr. Eraldo Leme Batista
Prof. Dr. Fábio Régio Bento
Prof. Dr. Gustavo H. Cepolini Ferreira
Prof. Dr. Humberto Pereira da Silva
Prof. Dr. José Ricardo Caetano Costa

Prof. Dr. José Rubens Lima Jardilino
Prof. Dr. Juan Drogue
Profa. Dra. Ligia Vercelli
Prof. Dr. Luiz Fernando Gomes
Prof. Dr. Marco Morel
Profa. Dra. Milena Fernandes Oliveira
Prof. Dr. Narciso Laranjeira Telles da Silva
Prof. Dr. Ricardo André Ferreira Martins
Prof. Dr. Romualdo Dias
Profa. Dra. Rosemary Dore
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus
Profa. Dra. Thelma Lessa
Prof. Dr. Victor Hugo Veppo Burgardt

©2025 Sandro Coelho Costa; Thaís Campos Maria

Direitos desta edição adquiridos pela Paco Editorial. Nenhuma parte desta obra pode ser apropriada e estocada em sistema de banco de dados ou processo similar, em qualquer forma ou meio, seja eletrônico, de fotocópia, gravação, etc., sem a permissão da editora e/ou autor.

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

M338c

Coletânea de Pesquisa do IFMG *Campus Congonhas 2025* / / Organização de Sandro Coelho Costa e Thaís Campos Maria. - Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2025.

296 p. 16x23 cm.

Epub

ISBN: 978-85-462-2943-7

I. Costa, Sandro Coelho (Organizador). II. Maria, Thaís Campos (Organizadora). III. Título.

CDD: 001.42

Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático

I. Pesquisa científica

PACO  **EDITORIAL**

Av. Carlos Salles Block, 658
Ed. Altos do Anhangabaú, 2º Andar, Sala 21
Anhangabaú - Jundiaí-SP - 13208-100
11 4521-6315 | 2449-0740
 contato@editorialpaco.com.br

Foi feito Depósito Legal

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
	<i>Sandro Coelho Costa</i>
	<i>Thaís Campos Maria</i>
1. APLICAÇÃO DO ROADMAP DMAIC ASSOCIADO AO SMED NA REDUÇÃO DE TEMPO DE TROCAS DE MÁQUINA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE TUBOS DE AÇO SEM COSTURA	9
	<i>Bruno Carvalho de Souza</i>
	<i>Germano Mendes Rosa</i>
2. ENSINO TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA LITERATURA	41
	<i>Germano Mendes Rosa</i>
3. CÍRCULO DE CONTROLE DE QUALIDADE E CICLO PDCA: ESTRATÉGIA DE MELHORIA CONTÍNUA EM UMA PLANTA DE PELOTIZAÇÃO	63
	<i>Hércules Maia Policarpo</i>
	<i>Germano Mendes Rosa</i>
4. TECNOLOGIA ARDUINO E CÉLULAS PELTIER: DESENVOLVIMENTO DE UM REFRIGERADOR PARA BEBIDAS EM LATA	111
	<i>Christian Junio Erculano Cândido</i>
	<i>Fabrício Carvalho Soares</i>

5. ANÁLISE COMPARATIVA DA DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE ALTA EFICIÊNCIA NO MERCADO BRASILEIRO DE ARES-CONDICIONADOS 131

Marlette Nunes Gonzaga

Fabrício Carvalho Soares

6. JUVENTUDES E MATERNIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA 151

Patrícia Regina Costa Santos

Matheus Faleiros Silva

7. MODELO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS DE UMA OPERAÇÃO DE EMPILHAMENTO DE REJEITOS A SECO 171

Frederico Teixeira Villela Araújo

Sílvia Maria Santana Mapa

Aldrin Gustavo Martins

8. DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE TRANSFORMAÇÃO AR1 E AR3 PARA AÇOS LAMINADOS A QUENTE 189

Luan Marcel Costa Vasconcelos

Vinicius Aleixo Silvestre

Felipe Farage David

Sayd Farage David

**9. DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA
MICROCONTROLADA VIA ARDUINO PARA CONTROLE
DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR DE
MICROSCÓPIOS ÓPTICOS** **203**

Felipe Farage David

Thiago Leonardo Maria

Adriel Paz Moreira

Luan Marcel Costa Vasconcelos

Vinicius Aleixo Silvestre

Sayd Farage David

**10. A GESTAÇÃO DA TERRA E O IDEALISMO
POÉTICO NA COMPOSIÇÃO DE “VOU-ME EMBORA
PRA PASÁRGADA” E “POEMA PARA UM
AMOR FUTURO”** **215**

Ana Calline Teixeira Vital

**11. CONTROLE DA MAGNITUDE DO EFEITO
BAUSCHINGER EM ARAME DE AÇO ULTRABAIXO
CARBONO** **233**

Felipe Farage David

Rafael de Oliveira Cordeiro

Luan Marcel Costa Vasconcelos

Ben Dêivide de Oliveira Batista

Frank de Mello Liberato

Adilson Rodrigues da Costa

**12. RETROSPECTIVA HISTÓRICA DA EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL NO BRASIL** **255**

Elza Magela Diniz

**13. ABORDAGEM INTEGRATIVA DA RELAÇÃO MARCO
LEGAL DA INOVAÇÃO, INOVAÇÃO E ECONOMIA DA
INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO**

271

Thaís Campos Maria

APRESENTAÇÃO

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Congonhas é uma instituição gratuita de educação profissional e tecnológica, que faz parte da Rede Federal de Educação Tecnológica. O Instituto busca implementar políticas institucionais, coordenar e fiscalizar a execução das atividades administrativa e acadêmicas, no intuito de contribuir para o desenvolvimento social e cultural da sociedade.

Compete ao Setor de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação (SPI-PG) do IFMG *Campus* Congonhas incentivar a popularização e difusão do conhecimento gerado nas pesquisas realizadas no *Campus*, estimular a produção intelectual, por meio do apoio à publicação de livros, artigos em periódicos científicos e participação em eventos, bem como buscar oportunidades de fomento à pesquisa.

Neste sentido, a Coletânea de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação do IFMG *Campus* Congonhas 2025 é uma obra fruto das atividades deste Setor, que tem como objetivo dar continuidade aos trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores do *Campus*, reunindo publicações que fomentam e aperfeiçoam o desenvolvimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Além disso, a Coletânea reafirma o compromisso do IFMG *Campus* Congonhas com a formação crítica e cidadã dos estudantes e com a promoção de soluções inovadoras para os desafios da comunidade local e regional. Por meio da divulgação dos resultados das pesquisas e projetos, busca-se não apenas valorizar o trabalho dos pesquisadores, mas também fortalecer os vínculos entre a instituição e a sociedade, ampliando o impacto social do conhecimento produzido e contribuindo para a transformação da realidade em que está inserida.

Sandro Coelho Costa e Thaís Campos Maria

1. APLICAÇÃO DO ROADMAP DMAIC ASSOCIADO AO SMED NA REDUÇÃO DE TEMPO DE TROCAS DE MÁQUINA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE TUBOS DE AÇO SEM COSTURA

*Bruno Carvalho de Souza
Germano Mendes Rosa*

Introdução

Segundo Phander (2017), sistemas de produção contínua, também denominados de fluxo em linha, são caracterizados pela sequência linear que objetiva a produção de um produto ou serviço. A linha de produção objeto deste estudo oferece um número limitado de produtos, porém, com alta capacidade de entrega pelo sequenciamento dos processos produtivos. Desta forma, é necessário que essa linha produtiva possua a capacidade de se adequar a determinados produtos de acordo com o mercado de atuação estabelecido pela empresa.

Para essa adequação, os equipamentos alocados no sistema de produção contínua possuem ferramentas e regulagens que permitem os ajustes necessários para o processamento de produtos com características diferentes. Essa adaptação entre um produto e outro é denominada como *setup* consoante Shingo (2000). Ramos

(2010) descreve o *setup* como sendo o tempo compreendido entre a produção da última peça de um primeiro lote e a produção da primeira peça de um segundo lote.

Empresas que adotam esse tipo de sistema precisam garantir alto rendimento de suas linhas produtivas a fim de maximizarem suas margens de lucro em relação à utilização de seus ativos. Dessa forma, a redução e controle de tempos de paradas de processo são essenciais para que os resultados produtivos sejam alcançados. Segundo Phander (2017), a troca rápida de ferramentas desempenha um papel importante na maximização da capacidade dos equipamentos diante de uma determinada variedade de produtos.

Este estudo de caso avaliou uma série de equipamentos que são interligados a uma única atividade de setup de uma empresa do ramo siderúrgico de produção de aço sem costura. Os dados necessários para o trabalho foram coletados de forma empírica, permitindo a avaliação de cada atividade para a execução do SMED (Single Minute Exchange of Die) guiado pelo *roadmap* DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e controlar).

O objetivo geral deste capítulo é conceituar o *roadmap* DMAIC associado ao SMED na redução de tempo de trocas de máquina. O objetivo específico é de reduzir o tempo de troca de equipamento de forma estruturada a fim de garantir maior disponibilidade à linha de produção.

1. Revisão bibliográfica

1.1 A metodologia DMAIC

Definir, medir, analisar, implementar e controlar (DMAIC) é uma metodologia de resolução de problemas que é altamente aplicada na engenharia industrial. Consoante Cooper (2016), assim como qualquer metodologia, essa define uma estrutura clara passo

a passo para a resolução de problemas. Esta metodologia pode ser usada para qualquer atividade de melhoria contínua dentro de uma organização fabril. A saída de cada etapa pode ser usada como a entrada da etapa seguinte, criando a continuidade dentro de um programa de melhoria contínua.

Conforme Cooke (2015), a abordagem DMAIC ajuda a alcançar objetivos relacionados como custo-eficácia, produtividade, agilidade, consistência, precisão, eficácia multifuncional, satisfação do cliente, referência, crescimento do negócio e rentabilidade.

Cada etapa do método DMAIC será descrita a seguir.

1.1.1 Definir

Conforme Cooper (2016), a primeira fase da metodologia DMAIC está focada na definição do projeto. Esta fase é crítica, pois fornece a base de qualquer atividade de solução de problemas. Segundo Cooke (2015), nesta etapa uma empresa esclarece o problema atual, o objetivo, a oportunidade, a linha do tempo e os membros da equipe responsáveis pela liderança da melhoria. Esta informação normalmente é registrada em uma Carta do Projeto.

Cooper (2016) descreve cada etapa da seguinte forma:

- Definição do problema: descrição concisa da questão ou problema que precisa ser entendido antes que as etapas para solução de problemas ou soluções de identificação comecem. Uma declaração de problema ajuda a definir o foco para que a equipe de resolução de problemas possa atuar de forma mais ampla.
- Regras de negócio: justificativa ou argumento baseado em evidências que estabelece um curso de ação proposto. Este deve resumir toda a informação que influenciará a decisão de iniciar um projeto ou um plano de ação.

- Escopo: o alcance de um projeto de melhoria de processo ou projeto de solução de problemas geralmente é descrito em declarações concisas em termos do que está no escopo e do que está fora do escopo. Por exemplo, apenas certos produtos ou processos podem estar no escopo. Isso restringe o foco e o mandato de um projeto.
- Plano do Projeto: planejamento da atividade com início e fim bem-definidos.
- Funções e responsabilidades: a equipe de DMAIC pode ser constituída por uma variedade de conhecimentos de engenharia, gestão, finanças e assim por diante. Os papéis de cada membro da equipe devem ser claramente definidos e documentados.
- Métricas: ter algum nível de dados iniciais é essencial para quantificar a escala do problema ou o potencial de melhoria.
- Coleta de dados: o escopo da coleta de dados deve ser identificado antecipadamente antes do início de um projeto. O tipo de dados e a fonte de dados podem afetar as decisões e o impacto de quaisquer melhorias.

1.1.2 Medir

Consoante Cooke (2015), a etapa de medição centra-se na seleção e coleta de dados para entender a capacidade e a variação do sistema atual. Este passo estabelece informações de linha de base que são essenciais para analisar, implementar e testar modificações de design ou teorias de melhoria.

Cooper (2016) afirma que é importante medir o estado atual de um processo ou do problema atual. As medidas irão informar às equipes do projeto com os fatos também criando uma linha de base do processo ou problema. Essa fase não pode ser ignorada ou atrasada, pois se o problema não for medido, os ganhos após o

trabalho de melhoria não serão evidentes. Tal autor complementa que a maioria das medições envolverá a coleta de dados. Portanto, algumas ferramentas comuns serão usadas para capturar e analisar dados, como folhas de verificação, diagrama de dispersão, diagrama de causa e efeito, diagrama de Pareto, diagrama de controle, FMEA¹ e análise de capacidade de processo.

Para esta coleta de dados, é necessário definir um plano de coleta consistente que garanta a qualidade dos dados obtidos. Cooke (2015) sugere que as seguintes perguntas sejam respondidas para um bom plano de coleta:

- Quem: quem são as pessoas ou grupos de pessoas? Quais departamentos ou conhecimentos?
- O que: quais são os processos, máquinas, equipamentos que precisam ser avaliados? Quais produtos, ou matérias-primas ou serviços?
- Onde: onde os dados são coletados, é um local físico no qual o defeito é fabricado.
- Quando: quando os dados precisam ser coletados, no início de uma mudança, no final de uma mudança, nos fins de semana, quando ocorrem defeitos?
- Qual: quais informações, apenas especificações ou determinadas configurações ou parâmetros?
- Como: quantos dados são suficientes? Como realizar as medições.
-

1.1.3 Analisar

Durante a etapa de análise, conforme Cooper (2016), a equipe de melhoria deve concentrar-se na identificação das principais

1. *Failure Modes and Effects Analysis* ou Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos

causas fundamentais do problema. Pode haver mais de uma causa e cada uma pode ter um impacto variável no processo. Assim, o estágio de análise deve dar tempo suficiente para garantir que todos os fatores sejam considerados.

Consoante Wekerma (2012), nessa fase devem ser avaliados os resultados obtidos no processo, principalmente na fase de medição, com o objetivo de detectar indicações ou pistas da causa do problema prioritário.

Cooper (2016) demonstra o fluxo de análise conforme a Figura 1.

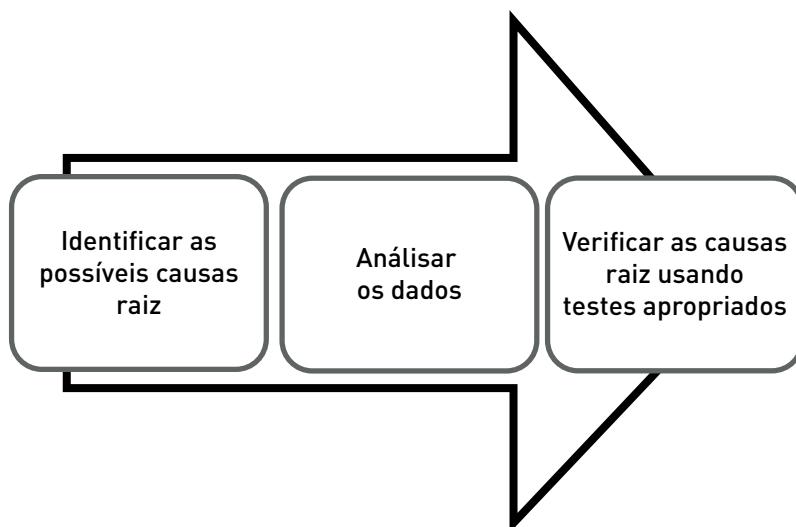


Figura 1. Fluxo de análise

Fonte: Adaptado de Cooper (2016, p. 397).

Segundo Cooper (2016), esta análise pode ser conduzida por meio de ferramentas que auxiliarão a compreender melhor os dados, levando à determinação da causa raiz de uma forma mais clara, sendo exemplos: mapa do processo, diagrama de causa e efeito, 5 Porquês, histograma, Boxplot.

1.1.4 Implementar

Conforme Cooke (2015), nesta fase uma empresa seleciona e testa uma teoria para melhoria. Uma vez que a teoria da melhoria é definida e implementada, novos dados são coletados e comparados com o desempenho de linha de base da fase de medida anterior. Se a teoria for correta, o desempenho do sistema irá melhorar. Caso contrário, a teoria é descartada e outra deve ser desenvolvida e testada. Cooper (2016) complementa que com o peso das etapas anteriores (definir, medir, analisar), a equipe do projeto deve destinar uma solução de melhoria prática, viável e duradoura.

Dias (2011) afirma que a estabilidade e a manutenção deverão ser o centro das ações propostas nesta etapa. Desta forma, qualquer melhoria implementada só será alterada caso outra solução com resultados potencialmente melhores seja apresentada e substitua a anterior. Para apoiar estas ações, as seguintes ferramentas são sugeridas: 5S, análise custo-benefício, fluxogramas, Kanban, Poka Yoke, Benchmarking, estudos de protótipo, provas piloto e projeto de experimentos (*design of experiments*).

1.1.5 Controlar

Segundo Cooper (2016), depois que as melhorias forem identificadas e implantadas, controles eficazes devem ser aplicados e sustentados no futuro. Tal como acontece com muitos sistemas de engenharia, se eles não são mantidos podem se degradar ao longo do tempo. Acima de tudo, o objetivo de qualquer controle é assegurar a qualidade e a segurança do produto, e se o processo estiver sob controle, o cliente será satisfeito.

Conforme Cooke (2015), na fase controlar do processo DMAIC, a empresa deve documentar as lições aprendidas para manter a me-

lhoria do desempenho e implementar as mesmas melhorias, quando apropriado, em outras áreas da empresa.

Além disso, segundo Dias (2011), é importante que nesta fase seja criado o plano de controle e manutenção das ações implementadas. Esse plano de controle permitirá um monitoramento sistemático das operações.

Ainda segundo Dias (2011), a avaliação realizada nesta etapa traduz os impactos e benefícios alcançados pela organização em que os padrões e políticas estabelecidos são difundidos e conclui que sempre que a etapa de controlar deixa de atingir o objetivo, o ciclo DMAIC deve ser reiniciado para a garantia de um processo de melhoria contínua.

Abaixo são listadas algumas ferramentas utilizadas na etapa de controle (Munro, 2009 *apud* Dias, 2011, p. 22): 5S, auditoria, Kaizen, análise custo-benefício, análise de ciclos de tempo, análise dos sistemas de medição, Poke-Yoke, padronização (SDCA – *standardize-do-check-adjust*), análise de valor, redução de variação, VOC (*Voice of the Costumer*).

1.2 Single Minute Exchange of Die

1.2.1 Visão geral

Pandher (2017) apresenta o Single Minute Exchange of Die (SMED) como uma ferramenta básica para reduzir o desperdício e melhorar a flexibilidade nos processos de fabricação, permitindo redução do tamanho do lote e obtenção de melhorias no fluxo de fabricação. O SMED reduz o tempo não produtivo, simplificando e padronizando as operações para troca de ferramentas, usando técnicas simples e de aplicações fáceis. No entanto, essa ferramenta não prescreve as ações específicas para serem implementadas, o que pode implicar em negligenciar as melhorias. Para superar

isso, as ferramentas comuns de engenharia estatística e industrial podem ser integradas à abordagem SMED para melhorar os resultados de sua implementação.

Annison (2017) afirma que reduzir o tempo em que a linha de produção ou o processo da fábrica realiza a troca entre os produtos, pode ser uma maneira de acelerar a redução de custos e aumentar sua eficiência. Ou seja, cada minuto economizado no setup é um minuto de aumento de eficiência e a maioria das alterações realizadas para acelerar os setups será barata ou mesmo gratuita.

Ramos (2010) apresenta as seguintes vantagens do SMED:

- Aumento da disponibilidade do processo;
- Maior flexibilidade produtiva em função do maior número de setups;
- Melhor fluxo de caixa;
- Redução de desperdícios;
- Melhoria da qualidade em consequência da padronização das tarefas.

Segundo Pandher (2017), o conceito SMED nasceu na planta da fábrica japonesa Mazda de Toyo Kogyo em Hiroshima, quando seu autor, Shigeo Shingo, realizou um estudo de melhoria da eficiência de produção em 1950. O termo se refere à teoria e técnicas para executar operações de troca de ferramentas em menos de dez minutos. Embora nem todas as trocas de ferramentas possam ser literalmente concluídas em minutos de um dígito, mas esse é o objetivo do sistema. Porém, mesmo em situações em que não se puder cumprir esse objetivo, a redução obtida ainda será uma melhoria significativa.

Podem existir distintos tempos de perda produtiva relacionado ao setup, como a desaceleração produtiva nos fins de lote e a aceleração produtiva para a capacidade nominal produtiva prevista no início de novos lotes apresentado na Figura 2.

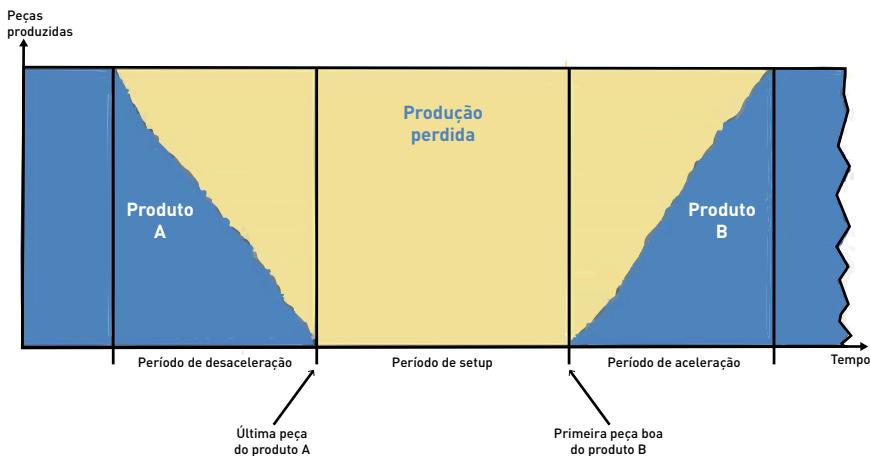


Figura 2. Diferentes períodos de perda produtiva relacionada ao setup

Fonte: Ramos (2010, p. 5).

Um estudo realizado por Shingo (2000) mostrou que o setup pode ser dividido conforme as fases abaixo apresentadas:

- Preparação, ajustes pós-processamento, verificação de materiais, ferramentas etc.: etapa destinada a garantir o posicionamento correto das ferramentas em perfeito estado de funcionamento, tanto antes quanto após o período de setup;
- Remoção e montagem de ferramentas e componentes: retirada das ferramentas utilizadas para a produção do último lote e montagem de outras para a produção do lote seguinte;
- Preparação das condições de trabalho: medições, calibrações e posicionamentos de acordo com o novo lote a ser produzido, tais como centragem, medição de temperatura e pressão etc.;
- Séries de teste e ajustes: teste com uma peça do novo lote a fim de validar os novos ajustes de acordo com os padrões do produto. A precisão nas etapas de medição e calibração facilita os ajustes nesta fase.

1.2.2 Método de implementação

1.2.2.1 Etapa preliminar

Segundo Phander (2017), esta primeira etapa consiste em estudar o processo de setup atual. É necessário conhecer o processo, sua variabilidade e a(s) causa(s) que produz(em) essa variabilidade. Portanto, nesta fase, é necessário coletar valores para os tempos de configuração. Em algumas empresas, os setups são frequentes e é simples realizar várias medições. Em outras empresas, os setups podem ser raros e, portanto, é necessário obter o máximo de informações possível de dados limitados, com apenas um ou dois estudos de processo de instalação.

Ramos (2010) afirma que a melhor forma de se realizar esta etapa é por meio de filmagens de todo o processo de setup, pois desta forma é possível registrar todos os eventos realizados, facilitando a análise pela possibilidade de se rever várias vezes o mesmo processo.

Shingo (2000) afirma que a filmagem deve ser mostrada aos operadores imediatamente após a sua realização, pois a geração de ideias é facilitada quando eles observam as suas atividades.

Para identificar a sequência de atividades em todas as etapas é indicado o diagrama de Gantt.

1.2.2.2 Separação de setup interno e externo

Consoante Phander (2017), esta etapa consiste em separar as operações que devem ser realizadas quando a máquina ainda está processando o lote anterior (setup externo) e aquelas em que é necessário realizar a troca com a máquina parada (setup interno). O objetivo deste estágio é separar/classificar as operações de acordo com a definição dada de setup externo e interno. Essa classificação

leva em consideração as mesmas operações e duração incluídas no método atual, ou seja, sem melhorar qualquer operação específica.

Ramos (2010) afirma que é frequente a utilização do tempo de parada da máquina de setup para a realização de atividades consideradas como preparatórias, ou seja, setups externos. Isso ocorre geralmente em função da falta de atenção ao tempo de trocas, geralmente, pela falta de percepção dos impactos gerados. O mesmo autor complementa que neste estágio pode-se atingir de 30% a 50% de redução sem investimentos monetários, realizando apenas a reorganização dos tipos de setup.

1.2.2.3 Converter setup interno em externo

Segundo Phander (2017), para reduzir o tempo de setup, é necessário estudar a possibilidade de converter algumas operações internas em operações externas, de modo que elas possam ser realizadas enquanto a máquina está funcionando. Esta etapa examina dois aspectos importantes:

- Reavaliar as operações de setup interno para verificar se algumas delas foram consideradas erroneamente como internas;
- Identificar alternativas que permitam que o setup interno seja realizado no todo ou em parte como operações externas.

Ramos (2010) chama atenção que nesse estágio é importante a exploração da criatividade, buscando compreender a necessidade da execução de cada atividade e reajustando-as para serem executadas antes ou após a operação de setup interno.

1.2.2.4 Redução de tempo de setups internos e externos

Conforme Phander (2017), esta etapa tenta melhorar todas as operações de setup, tanto internas quanto externas, reduzindo a duração ou até mesmo, se for possível, eliminar algumas operações. Embora a metodologia SMED recomende que se sigam sistematicamente esses quatro estágios, o senso comum pode, em algum momento, ditar que na segunda etapa o tempo e o dinheiro não devem ser investidos em operações que anteriormente não foram otimizadas, o que significa a conclusão com a aplicação das três primeiras etapas nas quais já se pode visualizar a maior parte do ganho do método.

Ramos (2010) sugere que devem ser realizadas melhorias no nível de transporte e arrumação das ferramentas, de forma a reduzir o tempo perdido entre essas tarefas. Para a redução de setups internos, é sugerido também a execução de múltiplas tarefas de forma simultânea, envolvendo mais operadores na troca para a execução das atividades. Outra ação recomendada pelo mesmo autor é a substituição de parafusos por apertos funcionais de fixação rápida, reduzindo a perda de tempo.

Resume-se as etapas listadas na Figura 3.

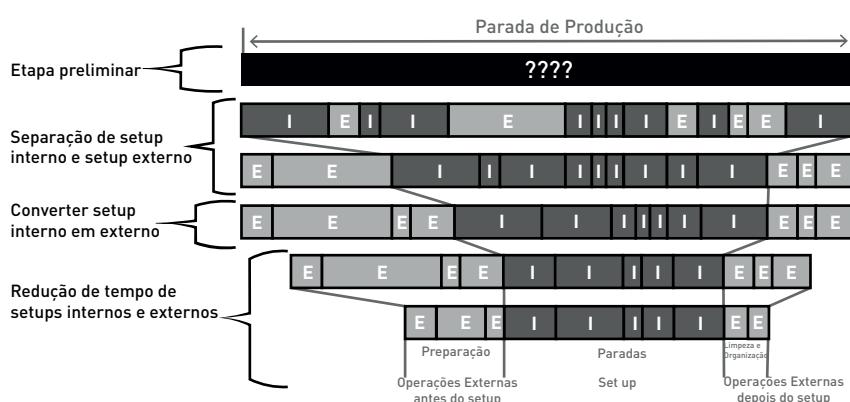


Figura 3. Etapas do SMED

Fonte: Elaborado pelos autores.

2. Metodologia

Fonseca (2009) afirma que metodologia é definida como uma série de procedimentos racionais utilizados pelo pesquisador para alcançar um objetivo. A metodologia científica é determinada pela autora como um instrumento para investigar a realidade por meio dos passos: proposição da hipótese de pesquisa, formulação da teoria, experiências ou observação e conclusão para corroborar ou não a hipótese.

Considerando a proposta para este trabalho, foi definida a realização de uma abordagem combinando o estudo qualitativo e quantitativo.

Segundo Perovano (2016), a coleta de dados para análise quantitativa deve ser realizada juntamente a etapa de projeto da pesquisa. Alyrio (2009) define que o estudo quantitativo tem o foco em identificar quantitativamente o nível de conhecimento, impressões e comportamentos utilizando de técnicas estatísticas.

Conforme Alyrio (2009), a análise qualitativa observa e analisa um objeto de forma a determinar um significado e sentido a ele. Segundo o mesmo autor, para esse estudo deve-se ir além da observação de dados meramente estatísticos, buscando um nível de detalhamento maior para o objeto de estudo. Segundo Flick (2004 *apud* Perovano, 2016, p. 290), a análise qualitativa permite ligar os dados coletados a uma descrição, desmembramento de forma processual, observar as diferenças entre a análise inicial e o novo conceito, dados para elaborar novas definições.

O presente capítulo será realizado por meio do método de estudo de caso. Segundo Mascarenhas (2012), estudo de caso é uma pesquisa com alto detalhamento sobre um ou poucos objetos de estudo, com a ideia de descrevê-los com profundidade. O autor afirma que o estudo de caso requer profissionais com alto nível de conhecimento e capacitação para ser conduzido.

Dessa forma, o presente estudo visa à coleta de dados de forma empírica na unidade de minutos (tempo) com relação à redução do

setup da máquina de calibração de pontas, responsável pelo processo de dimensionamento do diâmetro das pontas de tubos de aço sem costura produzidos na empresa objeto de estudo, a fim de obter um levantamento detalhado para posterior análise de todos os eventos registrados para a utilização das ferramentas propostas. Será necessário o estudo de cada operação realizada durante o setup de forma a entender a composição de cada atividade, gerando a base necessária para a adequação conforme prevê o método SMED. Este estudo de caso se encaixa no tipo exploratório, com o objetivo de testar as ferramentas e métodos propostos para a melhoria no sistema.

Para fornecer riqueza de detalhes, foi definida a utilização de câmeras para a filmagem da atividade de setup conforme sugerido pelo método SMED, pela qual foi possível estudar a sequência de atividades, movimentos realizados e tempo entre atividades para a construção do diagrama de Gantt com o propósito de compreender as movimentações dos operadores durante a atividade de setup.

A Figura 4 apresenta a forma de integração do roadmap DMAIC ao SMED para a realização do estudo de caso com o propósito de estruturar a execução e apresentação do estudo.

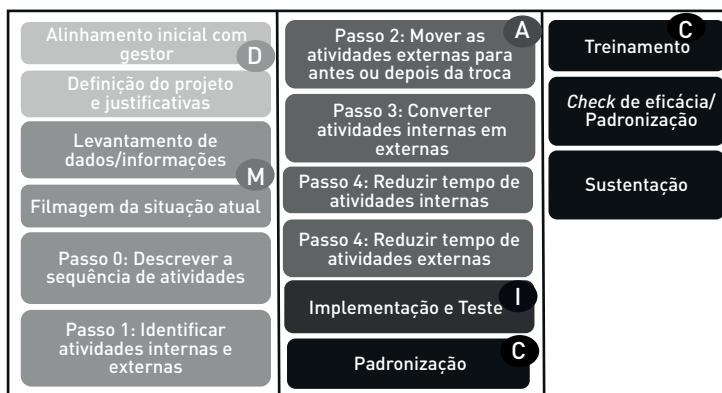


Figura 4. Integração das metodologias DMAIC e SMED

Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Estudo de caso

3.1 Caracterização da organização estudada

O presente estudo foi realizado em uma empresa do ramo siderúrgico localizada em Minas Gerais, a qual possui avançada tecnologia para uma capacidade anual de 1 milhão de toneladas de aço em sua aciaria. Na laminação, ela produz o equivalente a 600 mil toneladas de aço. Seus produtos possuem alto valor agregado e atendem à demanda do setor petrolífero mundial.

O complexo siderúrgico é considerado uma usina integrada composta de vários recursos pertinentes à produção do tubo de aço sem costura. Como objeto de estudo, o recurso em análise é de uma das linhas de acabamento que faz ajustagens, provém material para clientes internos dentro da própria usina e também fornece produtos e soluções tubulares aos clientes finais.

A linha de acabamento onde o estudo foi realizado é caracterizada por realizar processos a frio, ou seja, que não realizam a transformação do produto e sim acabamento, ajustes finos e testes finais de acordo com a necessidade do cliente para posterior disponibilização ao pátio de produtos acabados e expedição logística.

A Figura 5 apresenta o fluxograma de processos da linha de acabamento.



Figura 5. Fluxograma de processos

Fonte: Dados da pesquisa.

O processo apresentado no fluxograma da Figura 5 representa o sequenciamento das fases em que o produto é submetido. O produto é recebido na Handover 1, identificado no Bipe por meio de leitor de QR Code. No Teste hidrostático o tubo é submetido a altas pressões no seu interior simulando pressão de trabalho em campo para verificar a resistência e estanqueidade dos tubos. Em seguida,

o Drift é constituído de uma haste com corpo de prova que verifica se o diâmetro interno do tubo está conforme em toda a sua extensão conforme solicitado pelo cliente.

O US3 realiza teste de ultrassom em toda a extensão do tubo a fim de detectar possíveis defeitos por meio da avaliação de ruído de ondas emitidas na superfície do material, realizando assim um ensaio não destrutivo. Em seguida, o material é encaminhado para as serras para ajustes de comprimento ou recorte de regiões defeituosas caso existam. Após essas verificações e correções, o tubo segue para as calibradoras responsáveis pelo dimensionamento de pontas e ajuste para facilitar conexão entre os tubos.

As chanfradeiras, por sua vez, executam a usinagem de pontas para abrir um ângulo de solda para aplicação em campo. O MPI (inspeção por partícula magnética) realiza outro ensaio não destrutivo na ponta dos tubos, verificando algum possível defeito em uma zona não coberta pelo US3. Após todas essas etapas, o tubo segue para medições de comprimento, pesagem e inspeções visuais no VD (visual e dimensional).

Para efeito de proteção e embalagem, os tubos passam pelo processo de laqueamento e marcação, em que é aplicada uma fina camada de verniz para proteger o tubo contra oxidação, aplicação de tampão para proteger a usinagem realizada pelas chanfradeiras e, por fim, o empacotamento e cintagem para disponibilizar os tubos em formato de amarrados para o depósito de produtos acabados.

A análise proposta nesse estudo foi realizada na calibradora. Essa é a área de maior movimentação de ferramental durante as trocas de produto, sendo assim, o ponto focal para a redução de tempo de trocas de toda a linha.

3.2 Desenvolvimento do SMED

Para o estudo do SMED é importante a participação de vários integrantes para compor uma equipe multidisciplinar, incluindo os operadores do equipamento em estudo. Neste caso, foi formada uma equipe composta por um técnico industrial liderando a equipe, três operadores, um técnico de manutenção mecânica, um estagiário e um engenheiro de produção.

Após a formação do grupo, foram realizadas duas reuniões com o intuito de apresentar a importância do trabalho, histórico de setups do equipamento e metodologia, para que toda a equipe entendesse a forma de trabalho para garantir maior eficiência durante a execução de todas as etapas do SMED.

Para contextualizar a importância do trabalho, foi apresentado ao grupo o plano de produção com requisito de calibração de pontas devido à aceitação de novos produtos na carteira com a exigência de controle de dimensional, que demanda esta etapa produtiva e não é garantido pelo processo de laminação de tubos, tendo assim como premissa básica o uso de calibradora de pontas.

Desta forma, foi obtida a definição da importância do trabalho para compor a etapa Definir do DMAIC. A importância do trabalho foi embasada no cenário de falta de um padrão claro para trocas nas calibradoras de pontas e alto risco de impacto devido à carteira de produtos futuros. O objetivo do grupo foi estudar o setup executado na ocasião aplicando o SMED para identificação das ineficiências, e tendo como resultado melhorias e padronizações que reduzissem o tempo total de parada de linha para trocas.

Baseado nas informações obtidas nas reuniões, foi elaborada a carta de projeto conforme a Figura 6.

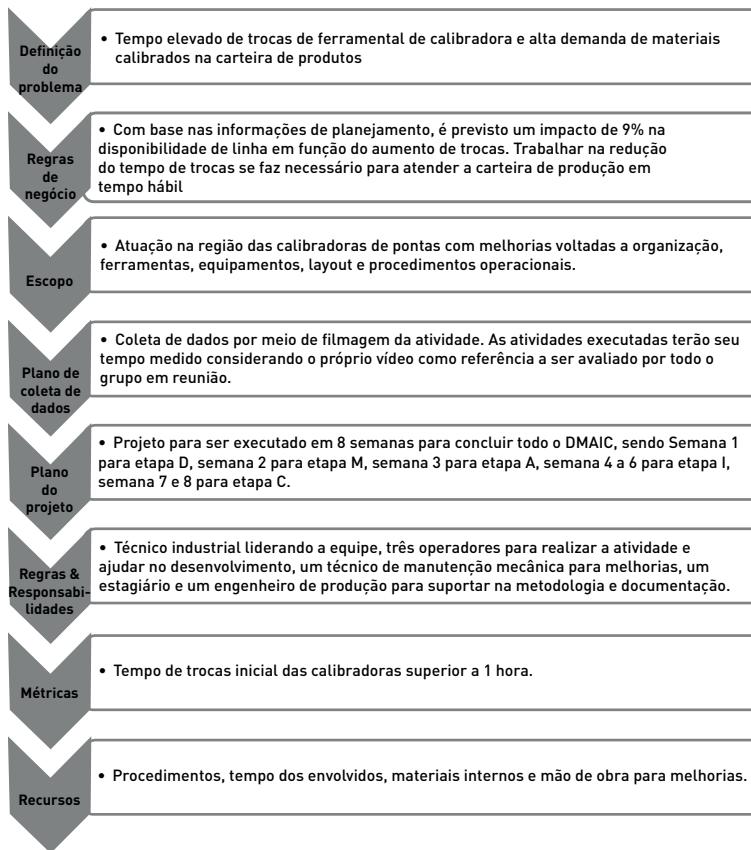


Figura 6. Carta de Projeto

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2.1 *Etapa preliminar*

Nesta etapa o grupo iniciou também a etapa Medir do DMAIC, em que foi definida a situação atual para ver as possibilidades de ganho e metas a serem alcançadas. A métrica adotada foi o tempo de troca em minutos da primeira até a última atividade da troca e a forma de obtenção desse tempo foi a filmagem de todo o processo conforme defendido pelo método SMED.

Com base em uma filmagem realizada no processo de troca do equipamento, foram realizadas novas reuniões com a mesma equi-

pe com o objetivo de analisar e descrever cada atividade realizada pelos operadores durante o setup, listando o tempo de duração de cada uma destas para servir de base para as análises posteriores.

Após o processo de contagem, foi obtido o resultado de 66 atividades realizadas pelos operadores, totalizando 76 minutos desde a primeira atividade até a última.

A realização da filmagem permitiu uma análise detalhada de cada atividade, observando todas as movimentações realizadas pelo operador. De posse destas, foi elaborado um diagrama de espaguete considerando todas as movimentações realizadas durante a atividade de setup.

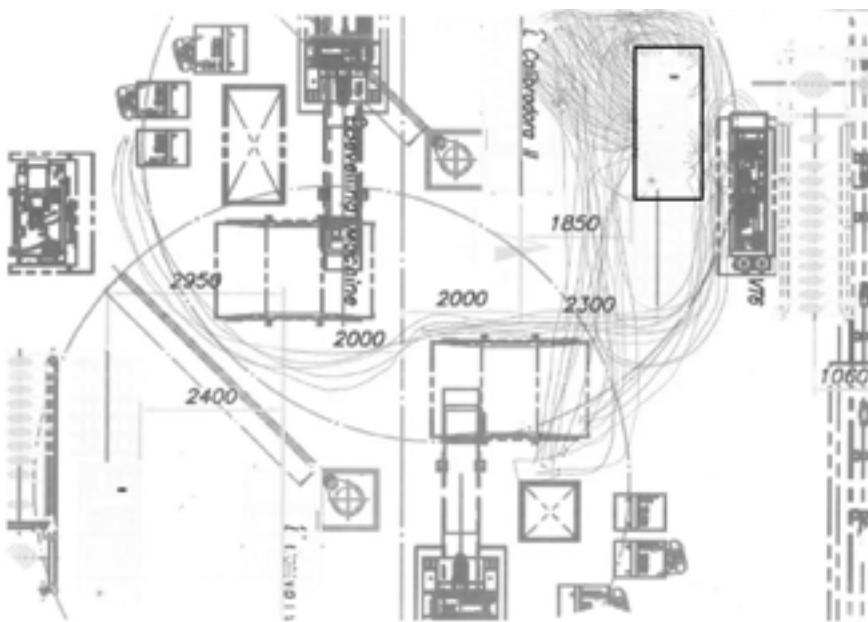


Figura 7. Diagrama de espaguete de movimentação do operador

Fonte: Dados da pesquisa.

Conforme Freitas (2013), o diagrama de espaguete é uma ferramenta que objetiva definir o layout ideal a partir das distâncias percorridas na realização de uma determinada atividade. Na Figura

7 foi observado que, por meio da escala do desenho técnico utilizado para a confecção do diagrama de espaguete, o operador se desloca cerca de 170 metros para realizar uma troca completa da calibradora. Esse deslocamento foi classificado como alto considerando que a mesa de montagem de ferramental e a calibradora ficam a cerca de 2 metros de distância uma da outra.

Cada atividade executada e detectada na filmagem foi descrita detalhando-se os recursos utilizados, tempo inicial, final e duração total por atividade para facilitar a análise, conforme exibido na Tabela 1.

Atividade	Início	Fim	Duração
Início: Detalhamento	00:00:00	00:00:00	00:00:00
Detalhamento	00:00:02	00:00:04	00:00:02
Abertura da janela para trocar a mandril da máquina, colocar a lente, liberando espaço na mesa retratando o guia do tubo	00:00:04	00:01:02	00:01:02
E se deslocar ao interior, e as chaves 24 e 40	00:01:02	00:01:27	00:00:25
Desmontar os parafusos que prende a lente do mandril	00:01:27	00:01:31	00:00:04
Prugar um engate com a lente para retirar a lente	00:01:31	00:01:44	00:00:13
Fixar o dispositivo de capa	00:01:44	00:01:50	00:00:06
SAIR A LUBRIFICAR	00:01:50	00:01:57	00:00:07
Conferindo do ferramental utilizado Mandril	00:01:57	00:01:59	00:00:02
Busca um lubrificante, mesa de lubrificação, lata	00:01:59	00:02:17	00:00:18
Praticamente o ofício na ferramenta	00:02:17	00:02:30	00:00:13
Prugar a lente, engate, os tubos grossos, combinado com a ferramenta	00:02:30	00:02:41	00:00:11
Retirada da ferramenta através do cimento e posicionamento na mesa	00:02:41	00:02:50	00:00:09
Conferindo a ferramenta sobre o dispositivo	00:02:50	00:02:53	00:00:03
Retirando o ofício da ferramenta	00:02:53	00:02:57	00:00:04
Conferindo a lente no bloco de mandril	00:02:57	00:03:02	00:00:05
Prugar a chaves de alicate para retirada do mandril	00:03:02	00:03:05	00:00:03
Retirar a mandril para soltar e tirando os parafusos do mandril	00:03:05	00:03:40	00:00:35
Desmontar todos os tubos e parafusos deixando sobre a mesa	00:03:40	00:03:48	00:00:08
Retirada do mandril colocado sobre a mesa	00:03:48	00:03:58	00:00:10
Limpeza com os tocos do suporte do mandril	00:03:58	00:04:00	00:00:02
Retirar o dispositivo no centro da chaveta	00:04:00	00:04:08	00:00:08
Aplicando o desengripante no suporte	00:04:08	00:04:28	00:00:20
E se deslocar ao interior, na mesa de mesa e colocando o mandril	00:04:28	00:04:50	00:00:22
PROBLEMA: A lata está vazia e o dispositivo	00:04:50	00:04:54	00:00:04
Colocar o ofício novamente na suporte	00:04:54	00:05:07	00:00:13
Guardando o posicionamento da ferramenta até a calibradora	00:05:07	00:05:40	00:00:33
Retirada do ofício	00:05:40	00:05:48	00:00:08
Retirando a lente para fazer a limpeza	00:05:48	00:05:57	00:00:09
Praticamente a lente para pegar a capa	00:05:57	00:05:59	00:00:02
Colocando a capa até a calibradora	00:05:59	00:06:40	00:00:41
Retirar a capa no suporte	00:06:40	00:07:00	00:00:20
Busca a lente para trocar o dispositivo de capa	00:07:00	00:07:05	00:00:05
Retirar o dispositivo de engate	00:07:05	00:07:07	00:00:02
Retirando a lente e deixar o dispositivo trocado a mesa do cimento de capa	00:07:07	00:08:02	00:00:55
Retirar o aperto das cores da capa (lente para encaixar)	00:08:02	00:08:05	00:00:03
Retirar o aperto das cores da capa 2 (lente para encaixar)	00:08:05	00:08:08	00:00:03
Retirar mandril e as chaves 24 e 40 e lâminas a parafuso	00:08:08	00:08:09	00:00:01
Quando os ferramentas no armário da chaveta	00:08:09	00:08:17	00:00:08
Retirando a lente e o cimento da lente	00:08:17	00:08:21	00:00:04
Retirada do bloco	00:08:21	00:08:24	00:00:03
E se guardar o ofício de chaveta e buscar a chave Allen 14	00:08:24	00:08:29	00:00:05
Tentou a chaves no mandril e a chave não encaixa	00:08:29	00:08:33	00:00:04
Colocar a lente e pegar o ofício na mesa no ponto lateral	00:08:33	00:08:47	00:00:14
Praticamente e conseguindo o ofício no mandril	00:08:47	00:08:50	00:00:03
Retirar o dispositivo de engate da lente e posicionar a lente para trocar o dispositivo	00:08:50	00:08:58	00:00:08
Guardando o mandril, verifica se o dispositivo encaixa trazendo no centro e se o mandril 1 e posicionado na mesa	00:08:58	00:09:00	00:00:02
Retirar os o parafusos da capa do mandril	00:09:00	00:09:05	00:00:05
Transfere o dispositivo da capa do mandril para o bloco mandril 2 e o aplica	00:09:05	00:09:08	00:00:03
Retirada do ofício do mandril 2 e posicionamento no suporte mandril 1	00:09:08	00:09:09	00:00:01
Guardando o mandril 1 para o ofício e disponibilizar espaço na mesa	00:09:09	00:09:11	00:00:02
Praticar 2 parafusos na capa no mandril 2	00:09:11	00:09:16	00:00:05
Retirar o ofício do mandril 1 e inserir no mandril 2	00:09:16	00:09:20	00:00:04
Retirando o suporte do mandril 1 para aplicar os suportes das parafusos	00:09:20	00:09:25	00:00:05
Retirar os parafusos do mandril 1, infeliz	00:09:25	00:09:30	00:00:05
Busca o ofício de ponta de lente e vai aplicar no mandril infeliz	00:09:30	00:09:32	00:00:02
Desmontar o ofício de engate e a lente e a lente para trocar o dispositivo infeliz	00:09:32	00:09:35	00:00:03
Prugar Chave allen 14 na mesa e retirar os 2 parafusos e colocar sobre a mesa, isso é retirar a parte inferior do mandril 1	00:09:35	00:09:39	00:00:04
Praticando e transferindo infeliz da lente e pegar o dispositivo infeliz 2 e o bloco mandril, coloca o ofício de um dispositivo para aplicar em outro dispositivo 2, apertando o dispositivo para o cimento de aplica	00:09:39	00:09:45	00:00:06
Prugar a lente para trocar o dispositivo de capa. Prugar a chave allen 16 para coloca os parafusos. Retirar o ofício do mandril infeliz 2	00:09:45	00:09:50	00:00:05
Acoplando o ofício no mandril 2 e inserir o mandril sobre o mandril infeliz 2	00:09:50	00:09:47	00:00:07
Conferindo o bloco hidráulico e desligar os dutos	00:09:47	00:09:52	00:00:05
Limpando o ofício e lente mandril para dentro da máquina. Retirada da lata de cimento dos tubos e lâminas usadas	00:09:52	00:09:55	00:00:03
Entidade de mandril da lente da máquina	00:09:55	00:09:58	00:00:03
Retirada do bloco hidráulico	00:09:58	00:09:59	00:00:01

Tabela 1. Descrição de atividades realizadas pelo operador

Fonte: Elaborada pelos autores.

3.2.2 Separação de setup interno e setup externo

Junto a esse passo do SMED inicia-se a etapa de Análise do DMAIC, com o objetivo de avaliar os dados obtidos e traçar ações que solucionem o problema na causa raiz.

Após o levantamento inicial, o passo 2 do SMED determina que as atividades devem ser classificadas entre internas, que precisam da máquina parada para intervenção, e externas, que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Desta forma, as atividades listadas no passo anterior foram classificadas, gerando o resultado conforme a Figura 8.

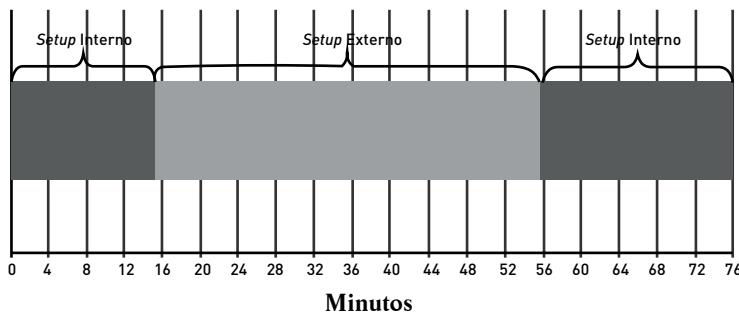


Figura 8. Identificação de setups internos e externos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Avaliando-se os resultados, é possível notar que cerca de 40 minutos são destinados a atividades de setup externo e 35 minutos para atividades de setup interno. A troca externa realizada é necessária para a preparação das últimas atividades a serem executadas que necessitam da máquina parada, porém não necessita de realização após as primeiras atividades de setup interno, o que gera a proposta de divisão das atividades, conforme a Figura 9.

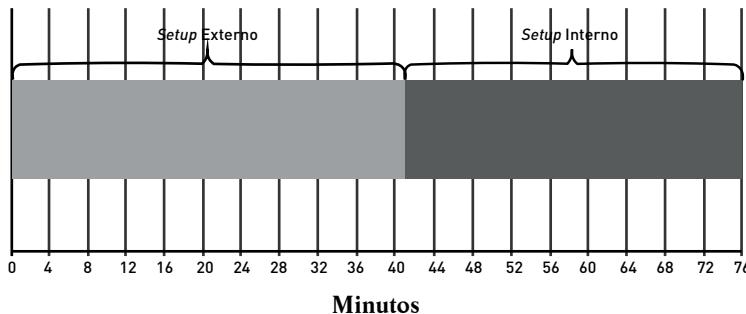


Figura 9. Separação de setup interno e setup externo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Aplicando a separação do setup externo do setup interno, o tempo necessário para a parada da máquina fica restrito aos 35 minutos de setup interno, reduzindo consideravelmente o tempo de parada da máquina entre a produção de dois lotes distintos.

A forma de execução com separação das etapas foi listada no plano de ação para atualizar o procedimento operacional. O plano de ação será demonstrado na etapa de implementação do DMAIC.

3.2.3 *Converter setup interno em setup externo*

Nesta etapa, visou-se analisar os setups internos e verificar a possibilidade de transformá-los em setups externos, com o objetivo de se reduzir o tempo de parada do equipamento.

Realizando esta análise, foram identificadas nove atividades realizas como setup interno que poderiam ser realizadas como setup externo, reduzindo aproximadamente 2,5 minutos do tempo de parada do equipamento.

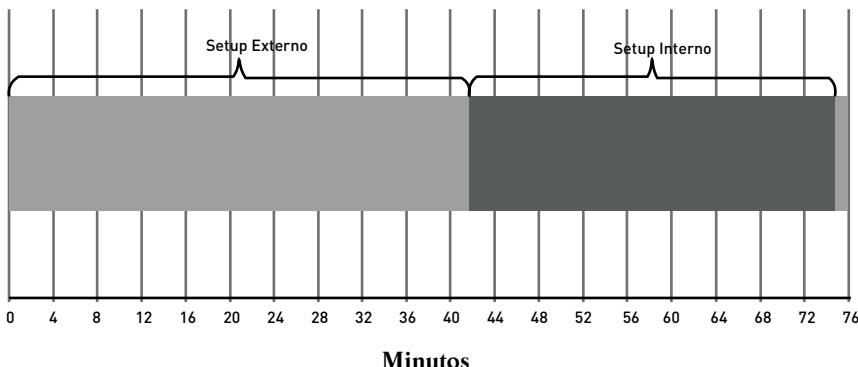


Figura 10. Conversão de setup interno em setup externo

Fonte: Elaborado pelos autores.

As atividades executadas e remanejadas eram relacionadas à organização e limpeza de ferramentas durante as trocas, o que pôde ser colocado após o término do setup interno sem gerar impactos ao tempo de parada do equipamento.

3.2.4 Redução de tempo de setups internos e setups externos

Nesta última etapa, todas as atividades listadas foram avaliadas, considerando os possíveis problemas, causas e traçando ações que pudessem reduzir a dificuldade e tempo da atividade, podendo até mesmo eliminá-la. Iniciou-se junto com esse passo do SMED a etapa Implementar do DMAIC com a execução do plano de ação, conforme Quadro 1.

Ação	Responsável	Data
Adequação das ferramentas no local de utilização	Manutenção	17/nov.
Reavaliar o espaço das mesas da calibradora e definir o padrão de cada ferramenta	Técnico de processo	16/nov.
Requisitar chave-catraca	Técnico Ferramenteiro	05/out.
Definir local apropriado de sobressalentes	Líder de produção	05/out.
Readequar o dispositivo de içamento	Técnico Ferramenteiro	16/nov.

Trocá talha manual por uma talha elétrica	Comitê de Carga	16/nov.
Pesquisar e desenvolver dispositivo para transporte seguro (guia de carga)	Técnico de processo	27/nov.
Definir folha A3 plastificada com informações do último material processado	Estagiário	23/nov.
Identificar olhal e ferramenta por cor	Líder de produção	03/nov.
Requisição de olhais novos	Técnico Ferramenteiro	05/out.
Verificar a disponibilidade de 4 capas de mordente	Ferramenteiro	00/jan.
Padronizar o parafuso de cabeça sextavasada para as 2 calibradoras	Manutenção	09/out.
Consertar a manivela do carro da calibradora e avaliar aumento da haste	Manutenção	03/nov.
Alinhar, reforçar e criar proteção superior para o trilho guia de mordente	Manutenção	27/out.
Com base nas ações anteriores, desenvolver o padrão de setup das calibradoras	Técnico Ferramenteiro	15/nov.

Quadro 1. Plano de ação de atividades para redução de tempos de setups internos e externos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Algumas das ações listadas possuíam o valor de investimento mais alto, o que dependeu de aprovação da gerência para que fosse realizado o investimento. Um exemplo disso foi a troca da talha manual por uma talha elétrica com custo de R\$ 60.000,00. Essa ação foi viabilizada em função da melhoria no tempo de troca e no fator de segurança do operador envolvido na atividade.

Em contrapartida, outras ações gerariam alto ganho no tempo de setup e poderiam ser implementadas com um baixo investimento. Padronizações, recursos visuais para encontrar rapidamente uma ferramenta, alocação de dispositivos e ferramentas mais adequados, disponibilidade de partes do equipamento reserva para rodízio e preparação externa e criação de procedimentos são exemplos de ações tomadas neste estudo com baixo investimento e retorno imediato.

As atividades relacionadas a padrão operacional ou forma de organização e identificação de ferramentas foram consideradas na

etapa Controlar do DMAIC, focando em sustentar os ganhos obtidos nas etapas anteriores.

A ação principal nesta etapa foi a revisão do procedimento operacional separando a atividade do setup em atividades de preparação e sequenciamento de trocas. A Figura 11 ilustra parte do procedimento revisado com a atividade de preparação, classificado como setup externo.

6.1.3 Preparação do ferramental de calibragem

Logo após a disponibilidade do mordente verifique a necessidade de montagem do ferramental de calibragem que pode ser classificado por três tipos de montagens:

- 1º Montagem da matriz de fechamento;
- 2º Montagem do mandril de expansão;
- 3º Montagem de ambas para acerto de diâmetro interno e externo.



Matriz de fechamento = Fechamento para garantir o diâmetro externo;
Mandril de expansão = No caso de acerto de diâmetro interno;
Ambas as ferramentas = No caso de acerto de diâmetro interno e externo.



1º. Montagem da matriz de fechamento:

Colocar a capsula na mesa de montagem, observando o encaixe da guia na capsula;



Colocar a matriz dentro da capsula e realize a colocação da porca de travamento;

Realize o aperto com o auxilio da chave observando o encaixe na porca de travamento;

Figura 11. Procedimento operacional de troca de ferramentas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra forma de otimização e ganho de tempo foi a alteração do layout da mesa de preparação de ferramental baseado no princípio de 5S conforme Dias (2011), focado nos senso de ordenação (armazenamento de ferramentas no local adequado) e utilização (separar as ferramentas necessárias das desnecessárias). Foi observado durante a execução do diagrama de espaguete que o operador

circulava muitas vezes por todos os lados da mesa, o que aumentava o desgaste físico e o tempo de execução das tarefas em função da disposição de ferramentas na mesa de setup não conter os itens necessários dispostos da melhor forma possível.

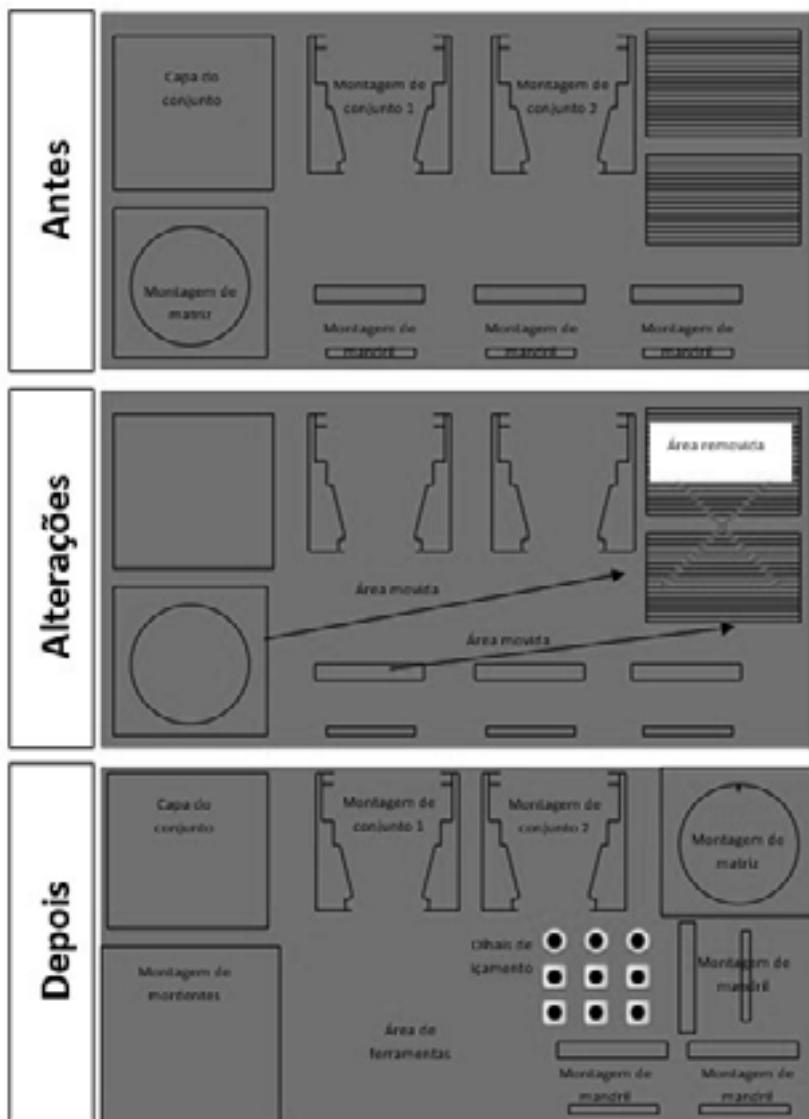


Figura 12. Layout da mesa de ferramentas antes/depois da modificação

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 12, na sua parte superior, demonstra a situação anterior, na qual algumas posições obrigavam o operador a se movimentar excessivamente para executar uma tarefa simples. Na parte inferior da mesma figura demonstra-se a melhoria implementada, em que as posições de ferramentas estão adequadas com as montagens a serem executadas, permitindo também um espaço para alocação de ferramentas manuais utilizadas no processo de montagem, eliminando a atividade de busca de ferramentas fora do posto de trabalho.

Continuando a etapa de controle, após a finalização de todas as ações, foi realizado o controle de trocas no período de um mês com o objetivo de observar a sustentabilidade dos ganhos obtidos. Os resultados podem ser verificados na Figura 13.

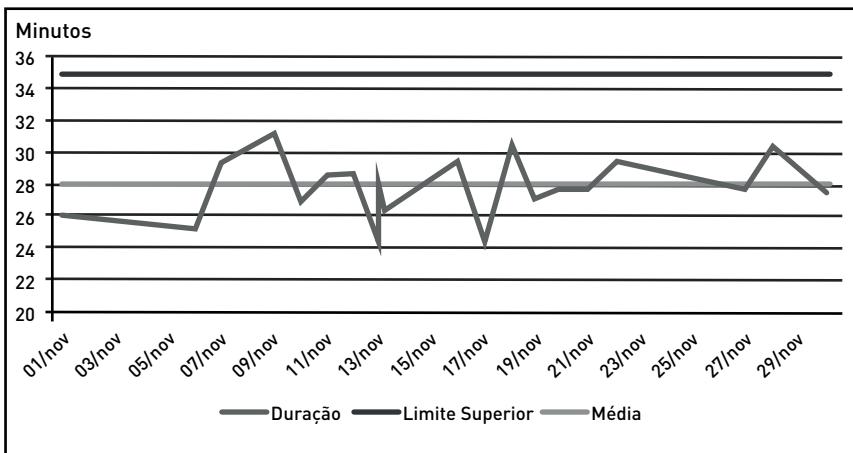


Figura 13. Indicador de tempo de troca de ferramentas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados de duração demonstrados na Figura 13 são valores absolutos de minutos gastos por troca nas respectivas datas. A linha de média representa o valor médio obtido desses valores absolutos para comparação com o limite superior estabelecido como meta do trabalho.

O tempo de trocas teve uma variação entre 24 e 31 minutos, com uma média de 28 minutos no período avaliado. O grupo havia estimado que a duração poderia alcançar 35 minutos de tempo no mapeamento de atividades e a performance real se demonstrou melhor do que o plano.

Um fator importante a ser considerado é o fator humano no tempo de troca. O acompanhamento foi realizado com diversos operadores em turnos diferentes ao longo do período e ficou evidente uma variabilidade em determinadas tarefas manuais.

4. Discussão dos resultados

Após a aplicação das três primeiras etapas do SMED, foi possível reduzir o setup interno para uma média de 33 minutos, representando 56,6% de redução de tempo de parada na linha de produção. Após a aplicação das ações da quarta etapa, foi possível reduzir este tempo para 28 minutos (63,1% de redução) e a redução do tempo total para 56 minutos (26% de redução), pois as ações foram mais impactantes para a redução do setup externo.

Com essa análise, foi possível reduzir o impacto de paradas de produção e consequentemente disponibilidade de linha, aumentando a capacidade de entrega e boa adaptação à demanda de lotes com necessidade de calibração conforme definido na descrição do problema que motivou este estudo.

Os resultados apresentados demonstraram-se sustentáveis por meio do acompanhamento realizado na fase Controlar do DMAIC.

Conclusão

O método SMED se mostrou eficiente para organizar a redução do tempo de setups, entretanto, pôde-se observar que os resultados poderiam ser melhores se este for associado a outros métodos de solu-

ção estruturada de problemas ou a ferramentas da qualidade. O método SMED, em sua origem, não determina o uso de outras ferramentas em associação para atingir os objetivos, deixando aberto à interpretação de quem decide aplicar este em algum processo produtivo.

Este capítulo demonstrou que o uso do SMED associado ao DMAIC ajudou a organizar todo o trabalho e trabalhar em padronizações para sustentar o resultado. Recursos como o 5S, diagrama de espaguete, dentre outros, são exemplos de metodologias e ferramentas que agregam valor ao SMED, proporcionando um resultado mais eficiente.

Por fim, o presente estudo de caso atingiu o seu objetivo na utilização do método SMED, gerando melhoria à organização onde foi aplicada a metodologia.

Referências

ALYRIO, Rovigati Danilo. **Métodos e Técnicas de Pesquisa em Administração**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2009.

ANNISON, Walter Ernest. **Operations Explained: Reducing Changeover Times (SMED)**. New York: Independently published, 2017. Paperback.

COOKE, Brian. **Good. Better. Different?**: Using DMAIC and Quality Tools to Lead Business Improvement. 1st. ed. New York: BrianCooke.me, 2015. Ebook.

COOPER, Brendan. **DMAIC made easy**. 1st. ed. New York: Validation-Resources.org, 2016. Ebook.

DIAS, Sérgio Matos. Implementação da metodologia Lean Seis-Sigma – O caso do Serviço de Oftalmologia dos Hospitais da Universidade de Coimbra. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica) – Universidade de Coimbra, Coimbra.

FONSECA, Regina Clia Veiga da. **Metodologia Do Trabalho Científico**. Curitiba: ISDE Brasil, 2009.

FREITAS, Eder Benevides. Diagrama de Espaguete/Spaghetti. 2013. Disponível em: <https://bit.ly/4crA0rb>. Acesso em: 20 out. 2022.

MASCARENHAS, Sidnei Augusto. **Metodologia Científica**. 1. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

PEROVANO, Dalton Gean. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 1. ed. Curitiba: Intersaber, 2016.

PHANDER, Rajinder pal Singh . **SMED Study: Quality**. 1st ed. New York: Amazon.com, 2017. Ebook.

RAMOS, Pedro Luís Teixeira. **Implementação SMED na área de orla-gem e furação na Swedwood Portugal**. 2010. 61f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Universidade do Porto, Porto.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**. São Paulo: Bookman, 2000.

2. ENSINO TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DA LITERATURA

Germano Mendes Rosa

Introdução

Este capítulo é oriundo de um trabalho de conclusão de curso de especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. A escolha do tema “ensino técnico em segurança do trabalho” se faz pertinente tendo-se em mente que o profissional técnico em segurança do trabalho (TST) é, geralmente, elemento central do sistema de saúde e segurança ocupacional nas organizações, atuando na linha de frente pela preservação da saúde, integridade física e bem-estar dos trabalhadores, bem como salvaguarda dos bens de capital e demais propriedades das organizações que os contratam.

Na medida em que o engenheiro de segurança do trabalho participa ativamente da formação do TST, deve-se repousar adequada atenção à realidade do ensino desse profissional, mirando melhorias e aperfeiçoamentos que se façam necessários para garantir um nível suficiente e adequado de conhecimento da área, bem como habilidades e competências exigidas para o exercício da profissão.

Neste texto, objetiva-se apresentar um levantamento bibliométrico da literatura abrangendo o ensino e formação desses profissionais, no intuito de apresentar e analisar, quantitativamente, o volume de produção e principais temas abrangidos. A partir dos resultados, apontam-se tendências, carências e oportunidades de novas pesquisas.

A natureza dessa pesquisa é aplicada, de cunho exploratório e abordagem quantitativa, utilizando como método o levantamento bibliométrico de literatura. Este capítulo está organizado em quatro seções: a primeira faz a introdução ao tema e o justifica; a segunda caracteriza brevemente a pesquisa bibliométrica e trata dos procedimentos para sua realização; a terceira apresenta e discute os resultados obtidos; e, a quarta, realiza as considerações finais.

1. Pesquisa bibliométrica nas bases científicas periódicas Capes e Google Acadêmico

A bibliometria serve-se de técnicas matemáticas e estatísticas para evidenciar, de maneira quantitativa, aspectos importantes da literatura (Fontolan; Iaronzinsk Neto, 2021). Assim, o estudo bibliométrico constitui uma ferramenta para a geração de conhecimento amplo, podendo ser utilizado para discriminar o conhecimento institucionalizado, analisando principalmente teses e dissertações de determinada área do conhecimento, gerando estatísticas orientadas a quantificar e mapear elementos importantes dessa produção (Marques; Maculan; Souza, 2023).

Nesta pesquisa, mira-se compreender, por meio da análise bibliométrica, o estado da arte das publicações acerca do ensino e formação dos TST. Para a busca das publicações, realizaram-se pesquisas nos periódicos Capes e Google Acadêmico nos dias 31 de outubro de 2024 e 1º de novembro de 2024, sem restrição de ano de publicação e utilizando as seguintes combinações de descritores (CD) no campo título: “segurança do trabalho” e “ensino” (CD1); “segurança do trabalho” e “ensino técnico” (CD2); “segurança do trabalho” e “ensino profissional” (CD3); “segurança do trabalho” e “formação” (CD4); “segurança do trabalho” e “formação profissional” (CD5); “segurança do trabalho” e “formação técnica” (CD6) “segurança do trabalho” e “educação” (CD7); “segurança

do trabalho” e “educação profissional” (CD8); “segurança do trabalho” e “educação técnica” (CD9).

Para a consideração das publicações, utilizou-se da seguinte política de aceitação:

- Artigo, tese ou dissertação relacionada ao ensino e/ou formação discente com disponibilidade integral;
- Artigo, tese ou dissertação relacionada à avaliação profissional de egressos de nível técnico em segurança do trabalho com disponibilidade integral;
- Artigo, tese ou dissertação relacionada ao mercado de trabalho para TST e/ou avaliação profissional com disponibilidade integral.

A Tabela 1 apresenta o número de publicações retornadas em cada uma das bases consultadas, conforme combinação de descriptores pesquisados no título das publicações.

BASE CIENTÍFICA	COMBINAÇÕES DE DESCRIPTORES									<i>Total</i>
	<i>CD1</i>	<i>CD2</i>	<i>CD3</i>	<i>CD4</i>	<i>CD5</i>	<i>CD6</i>	<i>CD7</i>	<i>CD8</i>	<i>CD9</i>	
Periódicos Capes	36	8	9	22	11	0	36	12	3	257
Google Acadêmico	41	6	0	28	3	1	32	8	1	

LEGENDA:

CD1 - “segurança do trabalho” e “ensino”, CD2 - “segurança do trabalho” e “ensino técnico”, CD3 - “segurança do trabalho” e “ensino profissional”, CD4 - segurança do trabalho” e “formação”, CD5 - “segurança do trabalho” e “formação profissional”, CD6 – “segurança do trabalho” e “formação técnica”; CD7 - “segurança do trabalho” e “educação”, CD8 – “segurança do trabalho” e “educação profissional”, CD9 - “segurança do trabalho” e “educação técnica”.

Tabela 1. Quantificação das publicações encontradas nas bases científicas conforme combinação de descriptores pesquisados no título

Fonte: Elaborada pelo autor.

No total foram encontradas 257 publicações que se reduziram a 59, após aplicada a política de aceitação e excluídas as redundâncias. Os artigos aceitos foram lidos na íntegra para identificação dos temas abrangidos, objetivos, metodologia utilizada e resultados alcançados.

2. Resultados

O período de publicação dos 59 artigos aceitos encontra-se entre os anos 2004 e 2024, sendo que não se detectou publicações no período de 2005 a 2010, significando que quase 95% do total foi publicado entre os anos 2011 e 2024, conforme apresentado na Figura 1.

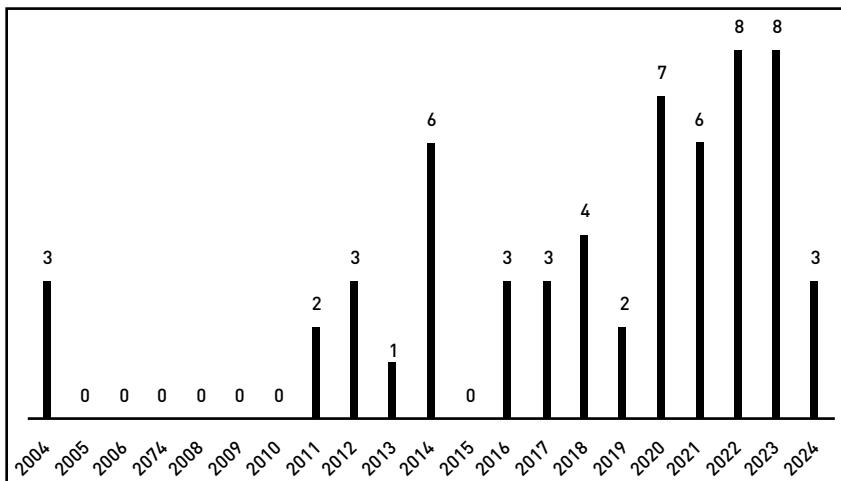


Figura 1. Volume de publicações anuais

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se que 40 publicações abrangeram algum Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IF) ou Centro Federal de Educação Tecnológica (Cefet), representando, aproximadamente, 68% das publicações. Essa informação demonstra a importância dessas instituições na produção e divulgação de conhecimento na área.

Os temas abordados nas publicações foram classificados em 13 categorias, constatando ocorrências de dois ou mais abrangidos em uma única publicação. Os temas são:

- Histórico (do curso ou instituição de ensino);
- Demanda profissional de mercado;
- Instrumentos de avaliação discente;
- Questões de gênero e/ou diversidade étnico-racial;
- Profissionalização e/ou avaliação profissional (referente a capacitações ou avaliação profissional de egressos);
- Evasão escolar;
- Condições de trabalho do TST;
- Satisfação discente;
- Currículo;
- Qualidade do ensino;
- Proeja (Programa de Integração da Educação Profissional ao Ensino Médio na Modalidade Educação de Jovens e Adultos);
- EaD (Educação a Distância);
- Recursos didáticos, metodologias e/ou ações pedagógicas (desenvolvimento de jogos e/ou outros recursos de ensino, proposição de metodologias e/ou intervenções de caráter pedagógico).

Recursos didáticos, metodologias e/ou ações pedagógicas se destacou dentre os temas, com 27 publicações que o abrangeram, representando 46% das publicações. A Figura 2 mostra o quantitativo de cada tema abrangido nas publicações.

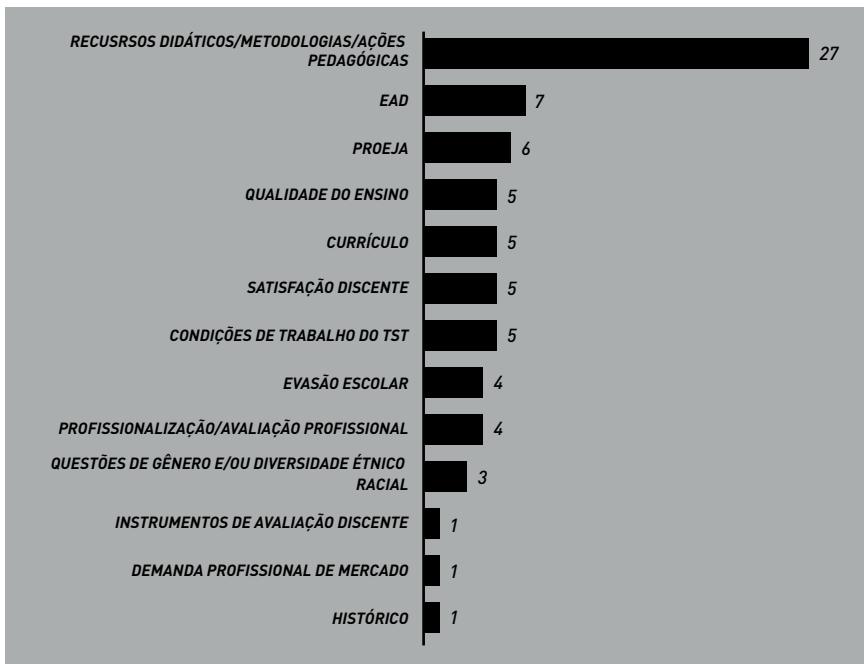


Figura 2. Quantitativo de cada tema abrangido nas publicações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cabe destacar que, dentro dessa categoria, mais especificamente relacionado a recursos didáticos, alguns artigos trouxeram à luz a necessidade de desenvolvimento de jogos (Bravo, 2020; Carlos; Negreiros; Fontenelle, 2014; Freitas, 2017; Einhardt; Severo, 2020; Pereira; Ruas, 2022) para otimização da aprendizagem, especialmente relacionada a setores críticos como é o caso da construção civil, cujo acesso é dificultado pela periculosidade do ambiente e falta de experiência dos discentes. Nesse sentido, jogos com recursos gráficos potencialmente são de grande valia no sentido de tornar a experiência nesses ambientes mais acessível e segura.

No quesito abordagem de pesquisa, destacou-se a abordagem qualitativa, presente em 86% das publicações, conforme mostrado na Figura 3.

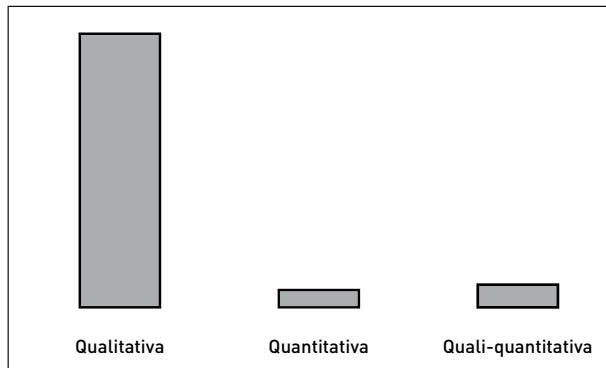


Figura 3. Quantitativo das abordagens de pesquisa das publicações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com referência aos métodos de pesquisa, predominaram as pesquisas bibliográfica e documental, representando 30,5 e 20,3% das publicações, respectivamente. Ocorreram casos em que foram utilizados mais de um método em uma mesma publicação. A Figura 4 apresenta os quantitativos dos métodos de pesquisa observados nas publicações.

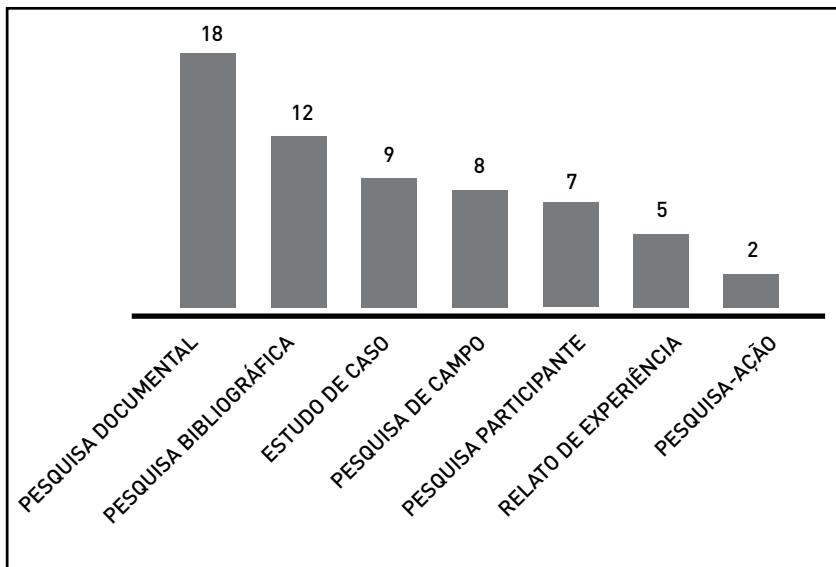


Figura 4. Quantitativo dos métodos de pesquisa observados nas publicações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos de instrumentos de coleta de dados, a maior parte das publicações lançou mão de questionário, análise documental e entrevista, acumulando juntos quase 90% dos instrumentos identificados, tendo sido observado casos de uso de dois ou mais desses instrumentos em uma única publicação. A Figura 5 apresenta o número de ocorrências desses instrumentos nas publicações.

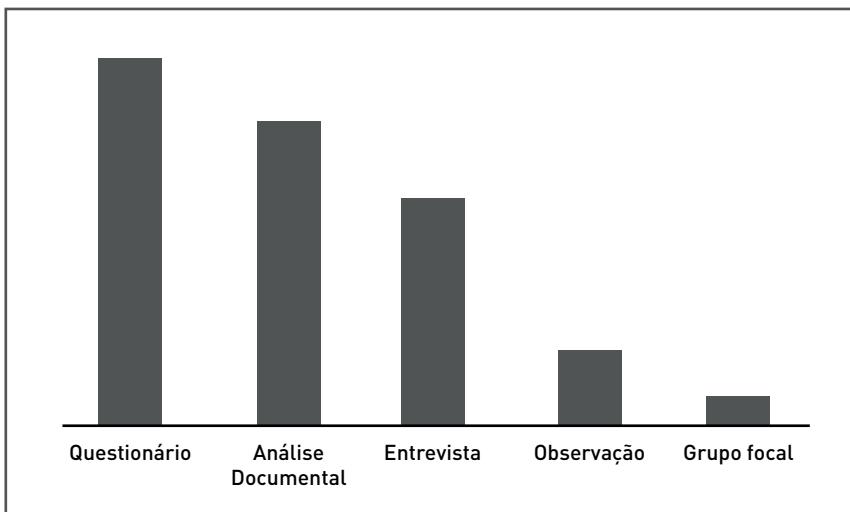


Figura 5. Quantificação do uso de instrumentos de coleta de dados nas publicações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observou-se que quase 46% das publicações constituíram-se de teses, dissertações e trabalhos de conclusão de curso (TCC) de especialização ou artigos derivados desses. Enfatiza-se o número de dissertações, correspondendo a praticamente 63% das ocorrências dentro da categoria de trabalhos acadêmicos. A maior parte dos programas de pós-graduação em nível de mestrado pertencem a IFs, com destaque para os de Espírito Santo, Pernambuco e Paraíba, cada um com três dissertações, representando juntos mais da metade do número de dissertações identificadas. A Figura 6 apresenta a distribuição de ocorrências de trabalhos acadêmicos nas publicações.

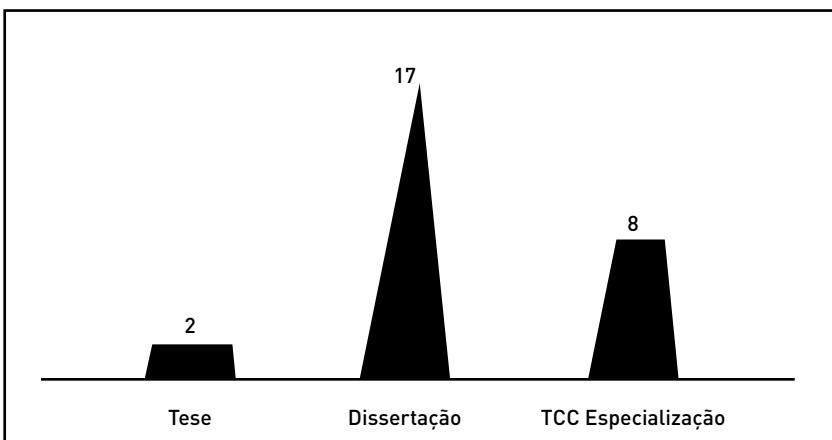


Figura 6. Quantificação de ocorrências de teses, dissertação e trabalhos de conclusão de curso de especialização nas publicações

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerações finais

A análise bibliométrica realizada revelou que são poucas as publicações que abrangem o ensino TST, uma vez que a média de publicação não chegou a três por ano, considerando o período de 2004 a 2024. Isso se faz preocupante, haja vista a importância do profissional TST, considerando inclusive sua demanda no mercado que é significativa, pois é compulsória por força da lei. Nesse sentido, é preponderante que haja estudos suficientes focados na atual formação desses profissionais e proposições de modernização, melhoria e aperfeiçoamento. A exemplo, Anacleto e Machado (2016) destacam que o TST é responsável, dentre muitas outras atividades, por realizar ações educativas com os trabalhadores, no entanto, geralmente sua formação carece de capacitações para essa finalidade. Assim, uma adequada e constante revisão curricular é desejável à luz das competências e habilidades exigidas desse profissional. Contudo, uma minoria das publicações encontradas abrangeu o currículo do curso TST.

Igualmente, é importante destacar a relevância do egresso, que faz jus a uma melhor valorização e estabelecimento de condições dignas de trabalho, como urge a pesquisa de Hass (2012), que traz à tona a realidade vivenciada por TST quanto ao sofrimento psíquico desencadeado por um enfraquecimento de suas identidades no exercício da profissão.

A tendência identificada nas publicações aponta na direção de recursos didáticos, metodologias e/ou ações pedagógicas, especialmente para o desenvolvimento de jogos (gamificação) que podem contribuir de forma significativa no sentido de oferecer experiências a discentes em áreas ou ambientes de trabalho considerados perigosos, como é o caso dos ramos das indústrias da construção civil e da mineração. Esses jogos, principalmente aqueles que oferecem experiências gráficas e simulações, tendem a promover melhor entendimento das operações e seus riscos inerentes de forma virtual, sem comprometer a integridade física dos discentes. Olhando de outro ângulo, o fato de se utilizar jogos, sejam gráficos ou de tabuleiro, potencialmente oferecem uma experiência mais leve, desafiadora e atrativa, que faz a diferença principalmente no processo de ensino-aprendizagem de discentes de curso técnico integrado ao ensino médio.

Apesar de suas significativas abrangências, cita-se como limitação deste texto a utilização de apenas duas bases científicas. Assim, sugere-se como oportunidades de trabalhos futuros, estender essa pesquisa a outras bases científicas, além das pesquisas de temas oportunos já salientados.

Referências

ANACLETO, Vanda Maria; MACHADO, Lucília Regina. A função educativa do técnico em segurança do trabalho na formação do trabalhador. **Trabalho & Educação**, Belo Horizonte, v. 25, n. 2, p. 145-161, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3CpirKX>. Acesso em: 1 nov. 2024.

BRAVO, Rafaela Gomes. **Aprendizagem ativa na educação profissional e tecnológica:** o uso de jogo de tabuleiro cooperativo como método de apoio a aprendizagem significativa de novos conhecimentos em um curso técnico de segurança do trabalho do Projea. 2020. 75 f. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória. Disponível em: <http://bit.ly/4pm4xwC>. Acesso em: 1 nov. 2024.

CARLOS, Cibelle dos Santos; NEGREIROS, Raquel Ferreira de; FONTENELLE, Maria Aridenise Macena. Projeto e desenvolvimento de um jogo didático na área de segurança do trabalho para alunos de engenharia e cursos técnicos. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2. jan./jun. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3Q2xCg4>. Acesso em: 1 nov. 2024.

EINHARDT, Leandro Waltzer; SEVERO, Carlos Emilio Padilla. Jogo acidente zero: elementos de gamificação para o ensino e aprendizagem de saúde e segurança do trabalho em um curso técnico integrado. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 18, n. 1, julho 2020. Disponível em: <https://bit.ly/40LxrLj>. Acesso em: 1 nov. 2024.

FONTOLAN, Beatrice; IAROZINSKI NETO, Alfredo. Sustentabilidade na habitação de interesse social: análise bibliométrica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://bit.ly/3EqI8MY>. Acesso em: 9 nov. 2024.

FREITAS, Eliton Elói Brandão de. **Safeskill:** um serious game para estudantes e profissionais de segurança do trabalho – foco na indústria da construção civil. 2017. 107 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Tecnologias Industriais) – Faculdade de Tecnologia Senai, Salvador. Disponível em: <http://bit.ly/47FE0nJ>. Acesso em: 1 nov. 2024.

HASS, Sérgio. **O sofrimento psíquico do técnico em segurança do trabalho frente à organização do trabalho pós-fordista.** 2012. 112f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <https://bit.ly/4hidJO4>. Acesso em: 1 nov. 2024.

MARQUES, Francis Bento; MACULAN, Benildes Coura Moreira dos Santos; SOUZA, Renato Rocha. A bibliometria na pós-graduação brasileira: uma revisão integrativa da literatura. **TransInformação**, Cam-

pinas, v. 35, e227089, 2023. Disponível em: <https://bit.ly/3CJ1JGg>. Acesso em: 7 nov. 2024.

PEREIRA, Maria Luiza Gomes; RUAS, Simone Rodrigues Campos. Avaliação do uso de jogos como ferramenta no processo de ensino aprendizagem em segurança do trabalho. **Revista E-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v. 15, n. 3, 2022. ISSN: 1983-1838. DOI: <https://doi.org/10.18624/etech.v15i3.1209>

Apêndice – publicações selecionadas (continua)

TÍTULO	AUTORIA	ANO
A análise da atividade como estratégia de ensino na formação do técnico em segurança do trabalho	GAIOSKI, Luciane Joch.	2020
A desigualdade de gênero no curso presencial de segurança do trabalho no IFPB: a presença da mulher nos anos 2009 a 2020	MACHADO, Vanessa Medeiros; SEVERO, Ana Luiza Felix.	2022
A dificuldade na primeira contratação dos técnicos de segurança do trabalho: quais as principais dificuldades encontradas pelo técnico de segurança do trabalho no seu dia a dia.	PEREIRA, Josias de Menezes; NASCIMENTO, Marcelo Sebastião do; ARAÚJO, Rafael Vilaronga Ferreira de.	2023
A Educação Profissional Diante da Educação Ambiental Crítica: um estudo interdisciplinar de um curso Técnico em Segurança do Trabalho numa Unidade de Conservação	NASCIMENTO, PATRÍCIA MARIA PEREIRA DO.	2022
A importância das habilidades sociais na função do técnico em segurança do trabalho	PEREIRA, Camila de Souza; PRETTE, Almir Del; PRETTE, Zilda Aparecida Pereira Del.	2004
A importância e as dificuldades encontradas pelo técnico de segurança do trabalho na construção civil	FRANÇA, Rayane Medeiros; MANTOVANI, Daniel.	2023
Ambiente, saúde e trabalho: temas geradores para ensino em saúde e segurança do trabalho no Acre, Brasil	RIBEIRO, Josina Maria Pontes; ARAÚJO-JORGE; Tania Cremonini; NETO, Vicente Bessa.	2016

Análise de Procedimento Teóricopedagógico

Aplicado à Correção de Atividade em
Educação a Distância: Estudo de Caso no
Curso Técnico em Segurança do Trabalho
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba

RANGEL, Ana Celecina
Lucena da Costa; SILVA,
Braulio Roberto Rangel da.

2018

As aprendizagens construídas na prática
pedagógica dos tutores presenciais do curso
técnico de segurança do trabalho

COSTA, Cláudia Maria Lima;
CORTELAZZO, Iolanda
Bueno de Camargo.

2016

Comparação entre as características e
percepções de alunos em curso e dos
evadidos de um curso técnico a distância do
IF Fluminense

GROSSI; Márcia Gorett
Ribeiro; NUNES, Renata
Cristina.

2014

Curso técnico em segurança do trabalho no
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de Pernambuco: antecedentes e
condicionantes de sua recente expansão

SILVA, Eraldo Alves.

2011

Definição de competências didáticas dos
gerentes de obras e técnicos de segurança na
modalidade de formação a distância

FONTENELLE, Maria
Aridenise Macena; HEINECK,
Luiz Fernando M.

2004

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice – Publicações selecionadas (continua)

TÍTULO	AUTORIA	ANO
Ensino de mapa de riscos ambientais com o uso do software libreoffice draw	REHFELDT, Márcia Jussara Hepp; SILVA, Cláudio Pereira da.	2021
Expectativa de evasão como ação estratégica aplicada ao ensino técnico na modalidade de educação a distância	TERRA, Jonas Defante.	2014
Fatores sociais e acadêmicos na evasão escolar do curso técnico em segurança do trabalho do polo Itapoã do instituto federal de Brasília	RIBEIRO, Jefferson Bruno Pereira; MOREIRA, Jonathan Rosa	2017
Geometria espacial em espaços confinados: um estudo no curso técnico em segurança do trabalho	REIS, Solange Taranto de; SÁ, Lauro Chagas e.	2020
Gestão de uso de si do egresso técnico em segurança do trabalho: cenografia e ethos construídos na formação do profissional e na concretude da atividade laboral	RIBEIRO, Elaine.	2023
Histórico e Importância dos Cursos Técnicos em Segurança do Trabalho nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia	GOMES, Aline Rosa; SANTOS, Juzélia.	2021
Identificação e prevenção de doenças ocupacionais para promoção do aprendizado na educação profissional	SOUZA, Claudjane Vieira de.	2023
Importância das aulas práticas na formação do profissional do curso técnico de segurança do trabalho	SILVA, Leila Caroline Salustiano.	2023
Jogo Acidente Zero: elementos de gamificação para o ensino e aprendizagem de saúde e segurança do trabalho em um curso técnico integrado	EINHARDT, Leandro Waltzer; SEVERO, Carlos Emilio Padilla.	2020

Letramentos na construção civil: um estudo sobre as leituras e as escritas dos técnicos de segurança do trabalho	COSTA, Klebia Ribeiro da.	2019
o currículo e o projeja: saberes e práticas que permeiam o curso de segurança do trabalho do ifes, Vitória - ES	PÉRES, D. D. Q.	2012
O papel dos gêneros discursivos e temas relevantes na formação de técnicos em segurança do trabalho a partir de uma construção colaborativa	OLIVEIRA, Joshua Palermo de; OLIVEIRA, Ricardo Benevides Silva de; ALCÂNTARA, Alessandra Cristina Bittencourt.	2017

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice – Publicações selecionadas (continua)

TÍTULO	AUTORIA	ANO
O poder de agir dos Técnicos de Segurança do Trabalho: conflitos e limitações	INOUE, Karina Sami Yamamoto; VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia.	2014
O sofrimento psíquico do técnico de segurança do trabalho frente à organização do trabalho pós-fordista	HASS, Sérgio.	2012
Os sujeitos do projea: a participação da mulher no curso técnico integrado de segurança do trabalho no ifes – <i>campus</i> Vitória	MARINHO, Icléia Barbosa; FERREIRA, Maria José de Resende.	2011
Percepção dos discentes na identificação de pontos críticos de um curso técnico na modalidade ead em uma instituição federal de ensino	PAULO, Ana Carolina Laurindo; SHIMOYA, Aldo; SHIMODA, Eduardo.	2014
Práticas profissionais na educação profissional e tecnológica suportadas pela aprendizagem baseada por problemas: um estudo no curso técnico de segurança do trabalho	LIMA, Koenigsberg Lee Ribeiro de Andrade; MELO FILHO, Ivanildo José de.	2021
Projeto e desenvolvimento de um jogo didático na área de segurança do trabalho para alunos de engenharia e cursos técnicos	CARLOS, Cibelle dos Santos; NEGREIROS, Raquel Ferreira de; FONTENELLE, Maria Aridenise Macena.	2014
Prototipação de aplicativo para auxílio ao técnico de segurança do trabalho	GARCIA JUNIOR, Dimas de Alcântara; SILVA, Josiane de Oliveira Cruz; SILVA, Marcelli Eduarda da.	2023
Quando os estudantes vão à escola da eja: dificuldades encontradas	VASCONCELOS, Ana Paula Santos; AMORIM, Antônio; FERREIRA, Maria da Conceição Alves.	2021
Reflexões sobre o processo de aprendizagem para o século xxi: um relato de experiência a partir das aulas de estatística de um curso técnico em segurança do trabalho	SOUZA, Juliana Campos Sabino de; FONSECA, Mateus Gianni.	2018

Representação social de risco no trabalho por alunos do curso técnico de segurança do trabalho	CHAGAS, Eliane Ayrolla Navega; LIMA, Rita de Cássia Pereira.	2018
Safeskill: um serious game para estudantes e profissionais de segurança do trabalho - foco na indústria da construção civil	FREITAS, Eliton Elói Brandão de.	2017
Sala de aula invertida: metodologia de aprendizagem na educação técnica	MEDEIROS, Luana Dantas de.	2022
Um estudo do perfil de formação dos técnicos em segurança do trabalho no Brasil na perspectiva de sistemas de gestão de segurança e saúde ocupacional	DANTAS, Alexandre Lúcio.	2004

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice – Publicações selecionadas (continua)

TÍTULO	AUTORIA	ANO
Uma ação pedagógica para os alunos do curso técnico em segurança do trabalho	OLIVEIRA, Fábio Amorim de.	2022
Vivências, olhares e desafios dos sujeitos do projea no desenvolvimento do projeto integrador	MACIEL, Samanta Lopes; OLIVEIRA, Edna Castro de.	2012
Estágio supervisionado em computação ii: utilizando a plataforma kahoot como ferramenta de aprendizagem para ensino técnico no curso de segurança no trabalho	MARQUES, Luis Carlos Esmeraldo <i>et al.</i>	2023
Atividades de aprendizagem e a formação humana integral: um estudo nas disciplinas técnicas do curso técnico de nível médio segurança do trabalho na forma subsequente na modalidade ead do ifrn	SILVA, Adda Késia Barbalho da	2020
As práticas docentes vinculadas à diversidade étnico-racial no Ensino Médio Integrado à formação técnica em Segurança do Trabalho	SEVERO, Monick Alves de Moura	2023
Educação e trabalho: significações produzidas por alunos do curso subsequente em segurança do trabalho sobre sua formação (IFMA – Campus Buriticupu)	PEREIRA, Davi Araújo Alves	2021
Formação Profissional na Sociedade Atual: Acepções dos Protagonistas do Curso Técnico em Segurança do Trabalho do IFCE na Modalidade a Distância	PAULA, Neidimar Lopes Matias de.	2018
O componente curricular “Direito aplicado” no processo formativo do Curso Técnico em Segurança do Trabalho: desafios à formação humana	AZEVEDO, Elizabeth Premoli	2024

A função educativa do técnico em segurança do trabalho na formação do trabalhador	ANACLETO, Vanda Maria; MACHADO, Lucilia Regina	2016
Evasão no ensino à distância: um estudo de caso no curso de segurança do trabalho no <i>campus</i> São Gonçalo do Amarante – RN	OLIVEIRA, André	2013
Ensino do Direito no curso técnico de Segurança do Trabalho: uma investigação do trabalho educativo de seleção e organização dos conteúdos curriculares a partir da Pedagogia Histórico-Crítica	SABIÁ, Glerger Alcantara	2024
Conhecimentos de educação física nos cursos técnicos em segurança do trabalho integrados ao ensino médio da rede federal	CESARO, Humberto Luis De; BOESING, Alana Gabriela	2022
Método de avaliação ergonômica e visita técnica como ferramentas de ensino na disciplina de ergonomia nos cursos de técnicos em segurança do trabalho	TAVARES, Daniela Passos Somões de Almeida	2022

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apêndice – Publicações selecionadas (conclusão)

TÍTULO	AUTORIA	ANO
Produção de conhecimentos sobre grandezas e medidas: uma experiência usando as normas regulamentadores em um curso técnico de segurança do trabalho integrado ao ensino médio - Proeja	REIS, Solange Taranto de	2020
Avaliação do uso de jogos como ferramenta no processo de ensino aprendizagem em segurança do trabalho	PEREIRA, Maria Luiza Gomes; RUAS, Simone Rodrigues Campos	2022
Riscos e possíveis soluções contra acidentes no trabalho com prensas hidráulicas: elementos para o ensino de segurança do trabalho	PEREIRA, Gustavo Cardoso; SILVA, Gustavo Antônio da.	2014
Oficinas de elaboração curricular: um projeto de intervenção para o ensino do Direito no curso técnico de Segurança do Trabalho	SABIÁ, Glerger Alcantara	2024
Aprendizagem ativa na Educação Profissional e Tecnológica: o uso de jogo de tabuleiro cooperativo como método de apoio à aprendizagem significativa de novos conhecimentos em um curso técnico em Segurança do Trabalho do Proeja	BRAVO, Rafaela Gomes	2020
Educação Ambiental Crítica em uma Prática de Ensino Supervisionada: experiências em um Curso Técnico em Segurança do Trabalho	NASCIMENTO, Patrícia M ^a P. do; BOMFIM, Alexandre Maia do.	2021
Educação profissional técnica de nível médio: desafios para os projetos pedagógicos de cursos híbridos em segurança do trabalho.	JORCELINO, T. M.; FORTES, E. de V.	2022

Gestão de resíduos sólidos em serviços de saúde: Contribuições para o técnico em segurança do trabalho a partir da abordagem crítica da educação ambiental	NASCIMENTO, Patrícia Maria Pereira do	2020
Educação a Distância e Educação Profissional: um olhar sobre o curso técnico de Segurança do Trabalho	OLIVEIRA, Sanielle Katarine Rolim de.	2019

Fonte: Elaborado pelo autor.

3. CÍRCULO DE CONTROLE DE QUALIDADE E CICLO PDCA: ESTRATÉGIA DE MELHORIA CONTÍNUA EM UMA PLANTA DE PELOTIZAÇÃO

*Hércules Maia Policarpo
Germano Mendes Rosa*

Introdução

Conforme Lobo (2010), o maior rigor nos processos acontece em virtude de o mercado ser mais exigente em relação à qualidade dos produtos acabados. Essa alta competitividade de empresas de grande porte vem promovendo cenários de redução de custos. Tais reduções trazem uma visão de avaliação no processo, enxugando recursos e avaliando o modo de execução das mais triviais atividades do processo, a fim de conseguir trazer maiores lucros.

Segundo Alves e Alves (2016), o ambiente altamente competitivo e turbulento leva as organizações a desenvolverem competências inovadoras e reformular processos produtivos. Nesse sentido, Mezomo (2001) relata que a avaliação da qualidade pode ser aplicada em diversos produtos, serviços e informações tanto em termos de percepção quanto na prática, enfatizando que a busca da qualidade pode ser adquirida independente do processo dentro de uma empresa ou nicho de mercado.

O conceito de qualidade, em termos de melhoria contínua e satisfação na perspectiva do cliente, surgiu junto com comunidades

artesãs do século XVIII, porém, destacou-se no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, onde o país necessitava atender seu mercado com demanda variada de produtos, com poucos recursos disponíveis e cada vez mais em decadência, devido ao desfecho final.

Entre 1947 e 1975 houve uma crescente busca pela qualidade, principalmente pela criação dos modelos de Gestão da Qualidade pela empresa Toyota, por Taiichi Ohno (1997). Com o conceito do Kaizen (do japonês, melhoria) o Sistema Toyota de Produção (TPS) foi o precursor da aplicação de metodologias de melhoria contínua, destacando-se e disseminando no mundo esse conceito, que na atualidade, é tão difundido pelas empresas que prezam pelo controle e gerenciamento contínuo da qualidade. Desde então, a contínua busca por aperfeiçoar o processo se tornou a base para a evolução, lucrando com os resultados obtidos por meio de metodologias eficientes que buscam solucionar problemas.

Para Campos (2014), a solução dos problemas da empresa, ou seja, a melhoria dos resultados da empresa deve ser feita de forma metódica e com a participação de todos. Tais ferramentas trazem facilidade, agilidade e tornam mais seguras as atividades do cotidiano e, concomitante a isso, agregam valor ao processo.

Bravo (2010) relata ainda que, uma única pessoa usando práticas de melhoria e/ou inovação pode fazer grande diferença no processo, porém, uma única pessoa não possui conhecimento ou experiência necessária para compreender e resolver, de maneira eficaz, todos os problemas cotidianos das atividades, pelo simples fato de não dispor de todas as habilidades técnicas nos diversos ambientes do processo produtivo. Dito isso, o Círculo de Controle de Qualidade (CCQ) define-se sobre o raciocínio de que, quanto mais pessoas envolvidas no processo de melhoria contínua, de tomada de decisões e compartilhamentos de conhecimento, melhores serão as soluções de problemas. Nesse processo, os grupos utilizam-se de várias ferramentas da

qualidade para se organizar e buscar soluções efetivas para problemas em diversas atividades do processo produtivo.

Uma ferramenta muito discutida por especialistas da qualidade e difundida por empresas que buscam melhoria contínua é o ciclo PDCA.¹ Esse método, aplicado aos grupos de CCQ, trazem significativos resultados para a empresa de maneira organizada e efetiva.

O objetivo geral deste capítulo é descrever um projeto desenvolvido e implementado por equipe de CCQ em conformidade com o método PDCA, na área de moagem em uma usina de Pelotização por meio de pesquisa-ação, tendo como objetivo específico descrever as ações do grupo de CCQ a partir do método PDCA, detalhando suas fases.

1. Metodologia

1.1 *Classificação da metodologia*

Em relação à sua natureza, o presente trabalho é classificado como pesquisa aplicada, presumindo que, com a execução da pesquisa, o objetivo de adquirir novos conhecimentos para o desenvolvimento de processos ou sistemas sejam obtidos. Com isso, o intuito desta pesquisa é gerar conhecimento a partir de uma melhoria implantada por um grupo de CCQ, por meio da aplicação da metodologia PDCA, dentro de um ambiente industrial.

Segundo seus objetivos, o estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa descritiva, pois visa descrever as características que envolvem o fenômeno e descobrir a existência de associações entre as variáveis que compõem o fenômeno pesquisado. Dessa maneira, pretende-se estabelecer a natureza ou causa dessa relação, preocu- pando-se com a atuação prática.

1. *Plan, Do, Check e Action* ou, em português, Planejamento, Execução, Verificação e Ação.

Quanto à abordagem aplicada, a presente pesquisa se enquadra como pesquisa qualiquantitativa pois, desse modo, é possível que a pesquisa seja “quantitativa” com relação à coleta de dados numéricos e também é necessário especular quais as causas dos resultados, caracterizando também ações qualitativas.

No que tange ao procedimento técnico adotado, foi feita a escolha da pesquisa-ação, na qual o ambiente de uma indústria do ramo da Pelotização foi fonte de coleta de dados, onde houve participação ativa do autor. Conforme Turrioni e Mello (2012), a pesquisa-ação deve assumir os seguintes aspectos:

- Pesquisa: geração de conhecimento;
- Ação: modificação de uma realidade, em que os pesquisadores desempenham um papel ativo na análise e na resolução dos problemas.

Para a realização da pesquisa-ação usada neste estudo foram adotados os passos propostos por Turrioni e Mello (2012), conforme apresentados na Figura 1 e posteriormente detalhados. São eles: pré-passo, os seis passos principais e o metapasso para o monitoramento.

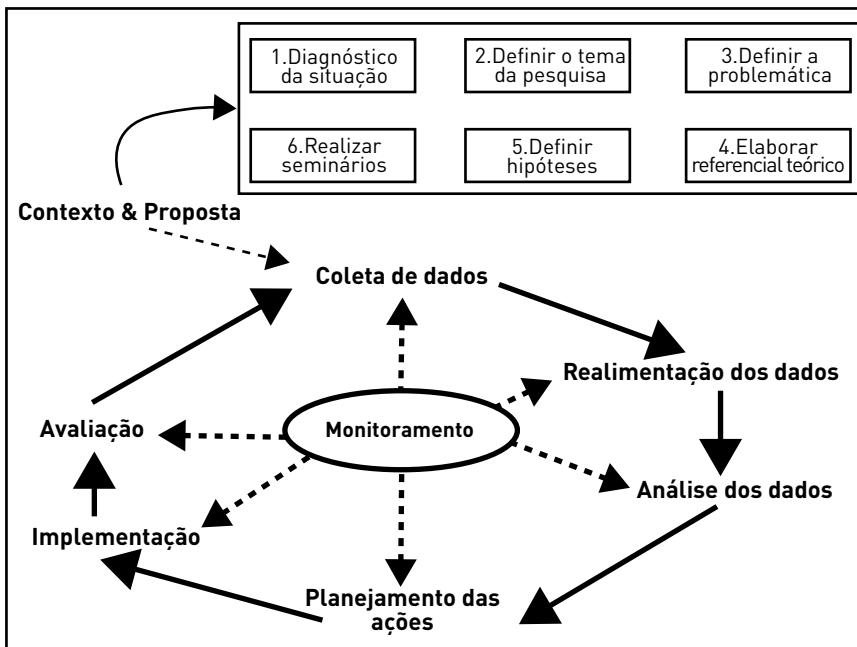


Figura 1. Ciclo de pesquisa-ação
Fonte: Turrioni e Mello (2012, p. 173).

1.1.1 Pré-passo

O pré-passo consiste nas atividades iniciais da pesquisa-ação (contidas no retângulo na parte superior da Figura 1), que serão detalhadas a seguir.

Diagnóstico da situação

Inicialmente, foi necessário contextualizar os processos internos nos quais a empresa trabalha, adquirindo conhecimento sobre suas atividades em nível teórico-prático. A partir daí, surgiu a oportunidade de imersão na qualidade das operações.

O líder da pesquisa-ação (primeiro autor) utilizou para a fase de diagnóstico da situação sessões de brainstorms com outros

funcionários e membros da equipe de qualidade, a fim de levantar os problemas que mais afetavam as operações internas.

Definir o tema da pesquisa

Devido à dificuldade de uma base de raciocínio para a elaboração de uma metodologia concisa para a solução de problemas, delimitou-se na pesquisa-ação o alinhamento do conceito de equipes de qualidade, através do CCQ, com a metodologia PDCA. Utilizou-se, portanto, dessa metodologia como base para a solução de problemas em um ambiente industrial, a fim de proporcionar a melhoria desejada pelos envolvidos na atividade em estudo.

No início do uso da metodologia PDCA necessitou-se haver uma priorização, ou seja, estratificar os problemas que foram levantados na etapa de diagnóstico da situação e decidir o problema a ser focado; desta maneira o grupo utilizou-se de ferramentas da qualidade e encontrou o tema da pesquisa-ação, que consiste no elevado número de desarmes de correias transportadoras, registradas no processo.

Definir a problemática

Nesta pesquisa, o grupo de CCQ identificou as correias transportadoras que possuem maiores índices de desarmes. Assim, chegou-se à correia transportadora denominada CB-08, que se destacou em termos de número de desarmes.

Desse modo, o autor considerou a problemática da pesquisa a elaboração de um projeto de melhoria a ser desenvolvido por uma equipe de CCQ seguindo as fases do método PDCA, para solucionar o problema selecionado.

Elaborar referencial teórico

Com a revisão dos conceitos de Gestão da Qualidade, ciclo PDCA, Círculo de Controle da Qualidade, sistema Lean Manufa-

turing e sistema Toyota de Produção foi levantado material teórico servindo como suporte na pesquisa-ação.

Definir hipótese

A hipótese que norteia a pesquisa-ação deste estudo está intimamente inserida dentro das etapas do ciclo PDCA sistematicamente associado ao CCQ. Para isso, foram utilizadas ferramentas da qualidade que serviram como suporte para a tomada de decisões e definição de hipóteses que contribuam para a solução de problemas complexos e crônicos no processo produtivo.

Realizar seminários

Conforme Thiolent (1986), para concepção de grupos da qualidade há a necessidade de que os membros deste conduzam a investigação de um processo levando em consideração a necessidade de alinhar objetivos, habilidades e interesses. Portanto, seminários voltados para discussão, análise e tomada de decisões foram necessários para condução da metodologia PDCA em grupos de CCQ.

Desse modo, nesta presente pesquisa-ação foram realizados seminários, conduzidos nas diferentes fases do PDCA, alinhando as partes do grupo de CCQ (líder, secretário e circulistas) e demais partes interessadas (supervisores, técnicos, engenheiros etc.). Nesse foi informado pelo líder do grupo de CCQ o uso da metodologia e ferramentas da qualidade nos processos estudados, não havendo objeções.

1.1.2 Os seis passos principais

Os seis passos principais, atividades cíclicas indicadas por setas vermelhas na Figura 1, relacionam-se com as atividades de campo, da coleta de dados à avaliação das intervenções realizadas. Esses são retratados a seguir.

Coleta de dados

Na realização desta pesquisa-ação, a coleta de dados foi efetuada no processo produtivo, envolvendo os parâmetros do processo e identificação das atividades rotineiras que não agregavam valor.

Outra fonte para a coleta de dados foi o banco de dados internos da empresa, dispondo de dados históricos do processo.

Realimentação dos dados

Através das etapas do PDCA, existe a necessidade de alimentação de dados que possui a função de obter uma análise lógica e metodológica do problema. Com isso, no decorrer do estudo, para ilustrar e alimentar a metodologia, são empregados fatos, dados históricos, gráficos, documentos internos com relação a parâmetros do processo e desenhos esquemáticos, desta maneira o grupo de CCQ pode tomar decisões baseadas em informações concisas para o avanço cíclico das etapas do PDCA.

Análise dos dados

Definiu-se que a análise dos conteúdos bibliográficos estaria centralizada no líder do grupo de CCQ, sendo transmitida ao restante da equipe na medida da necessidade, e a análise dos dados coletados em campo foi feita de maneira colaborativa entre todos os membros do grupo para se tomar decisões.

Planejamento das ações

O planejamento das ações foi realizado de acordo com os questionamentos realizados durante a elaboração do PDCA, mais precisamente na etapa de plano de ação na fase P.

Implementação

Diversos membros da organização foram envolvidos na aprovação e implementação do projeto. Definiu-se que caberia ao líder

delimitar quem da equipe teria expertise e autorização dentro da organização para implementar ações práticas relacionadas ao projeto e direcionar as fases de planejamento para a equipe e relatar para a alta liderança da empresa.

Avaliação

Junto ao grupo de CCQ existia uma equipe de suporte composta por engenheiros e técnicos responsável por avaliar a pesquisa-ação de acordo com os avanços nas etapas do PDCA além da autoavaliação dos membros quanto ao direcionamento das ações.

1.1.3 Metapasso para o monitoramento

O metapasso para o monitoramento é a atividade central de controle dos seis passos principais da pesquisa-ação. Na evolução do projeto, de acordo com o PDCA, havia um monitoramento da equipe, porém, cabia ao líder a responsabilidade de monitorar as ações de alinhamento com a revisão bibliográfica e as etapas do ciclo PDCA, bem como o uso de ferramentas da qualidade, cumprimento de datas, relatórios e apresentações.

2. Resultados e discussão

2.1 Caracterização da empresa

A pesquisa-ação foi desenvolvida em uma empresa multinacional localizada na região de Ouro Preto – Minas Gerais. Essa multinacional, atualmente, é uma das maiores mineradoras do mundo, líder em produção de minério de ferro, níquel e pelota. Também atua em operações nas áreas de logística, siderurgia e energia.

O projeto de melhoria, objeto dessa pesquisa, foi desenvolvido na operação de pelotização de minério de ferro.

A empresa adota práticas relacionadas ao incentivo da inovação nos seus processos e operações a fim de promover seu crescimento e competitividade no mercado nacional e internacional, investindo em pesquisa e desenvolvimento e projetos de melhoria.

2.2 Processo de pelotização

Para contextualizar os projetos de melhoria fez-se necessário uma explanação do processo geral de pelotização de minério e mais adiante o processo específico de pelotização em estudo.

A pelotização de minério surgiu nos Estados Unidos, nos anos 1950, para aglomerar partículas de taconitos, sendo a única forma de viabilizar a utilização desse tipo de minério, pois este possui baixo teor de ferro. Com o passar dos anos a pelotização se tornou um processo de beneficiamento vantajoso em termos financeiros.

A vantagem da pelotização com relação a outros processos está justamente em agregar minérios com baixa granulometria, ou seja, minérios considerados finos ou ultrafinos. Outra vantagem está voltada ao formato de seu produto final, a pelota. A pelota assume um formato esférico, com isso, quando usado em altos-fornos na siderurgia, consegue-se ter melhor produtividade, pois os gases no interior do alto-forno se deslocam de maneira uniforme, queimando melhor o produto, e assim servindo como carga metálica, diferente de materiais não uniformes e circulares.

Para beneficiar o minério até a obtenção da pelota, passa-se por uma série de processamentos. Para facilitar o entendimento desta pesquisa é apresentada uma esquematização sucinta do processo de pelotização na Figura 2.

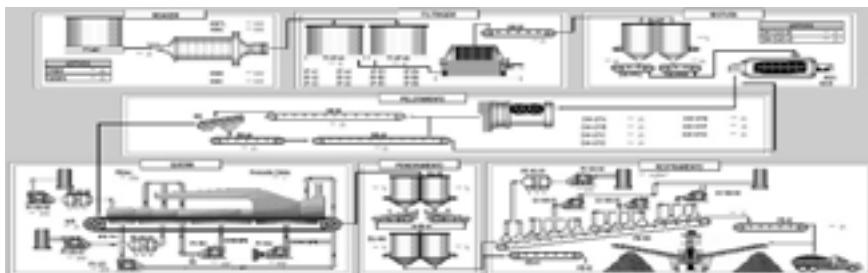


Figura 2. Fluxograma da planta de Pelotização

Fonte: Documento do setor de Beneficiamento.

Portanto, o processo produtivo, objeto desta pesquisa, pode ser subdividido em sete etapas básicas, sequenciadas segundo a Figura 2, sendo: moagem, filtragem, mistura, pelotamento, queima, peneiramento e resfriamento e empilhamento. Cada uma dessas etapas possui fluxos, equipamentos e atividades próprias. Dentro deste cenário, foi montado um grupo de melhoria contínua do tipo CCQ, formado por sete integrantes: um líder, um secretário e cinco circulistas. Os membros do grupo exerciam funções operacionais e de manutenções mecânicas e elétricas além das atividades de melhoria do CCQ.

A metodologia empregada para solução de problemas baseou-se no ciclo PDCA e ferramentas da qualidade que serviram de suporte para o avanço das etapas. Salienta-se que o projeto obteve auxílio e respaldo de gerentes, supervisores, técnicos, engenheiros, analistas e de outros colaboradores-chave do chão de fábrica.

2.3 Projeto Lúminus

O projeto abordado pelo CCQ foi intitulado Lúminus, e foi desenvolvido de julho a outubro de 2016, na área de moagem, conforme destacado na Figura 3.



Figura 3. Local do projeto Lúminus

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

A moagem é uma importante etapa do processo de pelotização, pois possui equipamentos que, se não operados adequadamente, podem impactar significativamente no desempenho geral da planta.

Vários equipamentos foram abordados durante o desenvolvimento da pesquisa-ação com suas respectivas denominações, dos quais alguns serão detalhados devido às suas relevâncias no contexto do projeto, outros serão apenas citados. No Quadro 1, apresenta-se uma lista dos equipamentos abordados.

Siglas e equipamentos correspondentes
DRKM: Distribuidor rotativo de material
BUCS: Silo de carvão
SIPE-C: Peneira do pátio de emergência
BC02-A: Britador de carvão
DWCS-A: Correia transportadora da área de insumos
HB-02: Correia transportadora da área do forno
CB-08: Correia transportadora da área de moagem
TB-AL: Correia transportadora da área de moagem
KB-01-A: Correia transportadora da área de filtragem
KB-01-B: Correia transportadora da área de filtragem
KMC: Moinho de bolas

Quadro 1. Equipamentos abordados na pesquisa-ação

Fonte: Os autores.

Nas subseções a seguir será apresentado como foi desenvolvido o projeto de melhoria, evidenciando suas etapas segundo o ciclo PDCA até chegar ao problema tratado na área da moagem e como foi solucionado através da metodologia.

2.4 Fase P – Planejamento

2.4.1 Identificação do problema

Na fase de planejamento foram levantados vários problemas reconhecidamente recorrentes nas diversas áreas da usina de pelotização de cunho ambiental, operacional, segurança, dentre outros. Para levantamento de problemas foi utilizada a técnica de brainstorming, conforme registrado no Quadro 2, entre os membros do grupo, coordenado pelo líder desta pesquisa-ação.

Problemas
Falta de fornecimento de feed oriundo da usina de concentração
Obstrução de mangotes no DRKM
Quantidade insuficiente de água no DRKM
Constante enchimento de defletoras dos filtros
Batente do silo BUCS danificado
Desarme constante de correias transportadoras
Transbordo de pelotas na calha de oversize das peneiras
Contaminação de finos na produção da SIPE-C no pátio de emergência
Malhas da SIPE-C no pátio de emergência quebrado e/ou obstruído
BC02-A quebrando malhas constantemente
Bomba de lubrificação de partida dos moinhos ineficientes
Falta de sinalização para enchimento de caminhões no silo de finos

Quadro 2. Brainstorming de problemas levantados

Fonte: Os autores.

Após listagem dos problemas foram estabelecidos pelo grupo os parâmetros para a aplicação na matriz Guta, para qualificar a gravidade, urgência, tendência e autonomia, de acordo com o processo (Quadro 3).

	Baixa (peso 1)	Média (peso 3)	Alta (peso 5)
Gravidade	Não para equipamento ou não para usina	Para equipamento ou indisponibilização da linha	Para a usina
Urgência	Pode esperar parada de usina	Programar parada para preventiva	Programar corretiva imediata
Tendência	O próprio processo tende a neutralizar	O problema fica estável	Problema persiste, tende a piorar
Autonomia	Somente a diretoria pode resolver	Somente a gerência pode resolver	O grupo pode resolver

Quadro 3. Parâmetros da matriz Guta

Fonte: Os autores.

Em seguida, os problemas elencados pelo grupo de CCQ, foram devidamente submetidos ao método da matriz, conforme registrado na Tabela 1.

Problemas levantados	Gravidade	Urgência	Tendência	Autonomia	Resultado
Falta de fornecimento de <i>feed</i> oriundo da unidade de concentração	5	3	3	1	45
Obstrução de mangotes no DRJM	3	5	3	5	225
Quantidade insuficiente de água no DRJM	5	1	3	3	45
Constante enchimento de defletores dos filtros	1	5	5	5	125
Batente do silo BUCS danificado	5	3	3	3	135
Desarme constante de correias transportadoras	5	5	3	5	375
Transbordo do pelletão na calha de over das peneiras	3	1	5	3	45
Contaminação de finos na produção da SIPE-C no piso de emergência	1	3	5	3	45
Mállas da SIPE-C no piso de emergência quebrado e/ou obstruído BC02-A quebrando malhas constantemente	5	3	3	3	135
Bomba de lubrificação de partida dos moelhos ineficientes	3	1	3	3	27
Falta de sinalização para enchimento de caminhões no silo de finos	3	5	3	5	81
					225

Tabela 1. Resultado da matriz Guta

Fonte: Os autores.

Depois da análise dos problemas levantados pode-se verificar, conforme destacado, que o problema de maior importância e, portanto, o que deveria ser priorizado pelo grupo é o “desarme constante de correias transportadoras”, tratado como problema geral.

2.4.2 Compreendendo a situação anterior ao projeto

Para compreender a situação envolvendo o problema priorizado, foi necessário buscar o histórico sobre o número de desarmes de correias transportadoras na usina durante o ano de 2016 (Figura 4).

Deve-se observar que durante o período de abril de 2016 a junho de 2016 houve uma paralisação da usina, devido a fatores de mercado, portanto, não constam desarmes de correias nos registros referentes a esses meses.

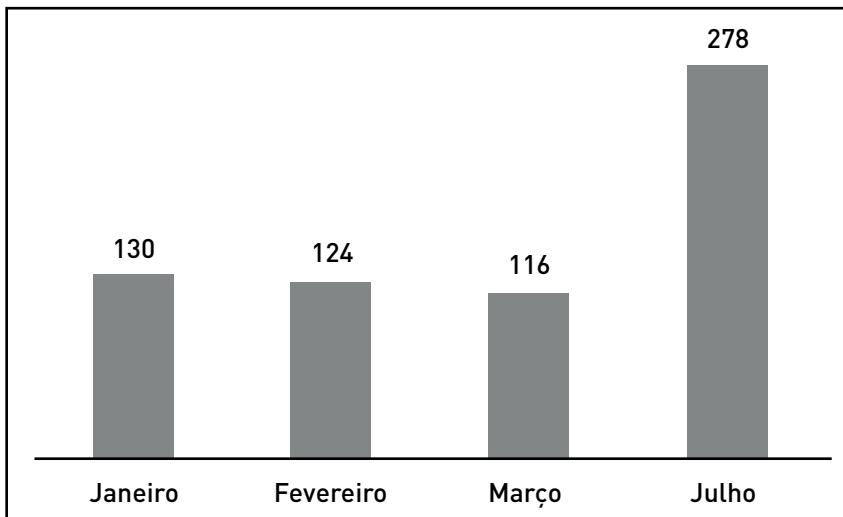


Figura 4. Número de desarmes de transportadoras de janeiro a julho de 2016

Fonte: Os autores.

Durante os quatro meses de operação foram totalizados registros de 648 desarmes de correias transportadoras na usina, portanto, uma média mensal de 162 desarmes. Com a verificação do número de desarmes e a média/mês pode-se definir uma meta geral através do método de lacunas. Salienta-se que este método é difundido pela empresa onde a pesquisa-ação foi desenvolvida.

O método de lacunas para a definição da meta geral é registrado no Quadro 4.

<i>REGISTRO DE REUNIÃO</i>	
Definição da meta geral	
Cálculo	Resultado
Média – Mês <i>Benchmark</i>	$162 - 116 = 46$
Lacuna / 2 = Meia Lacuna	$46 / 2 = 23$
Média – Meia lacuna = Meta	$162 - 23 = 139$

Quadro 4. Método de lacunas para definição da meta geral

Fonte: Os autores.

O método de lacunas foi usado trabalhando com meia lacuna devido ao alto número de desarmes de correias transportadoras que o histórico revelou.

Com o auxílio do método de lacunas a meta geral foi definida como: reduzir a incidência de desarmes médio de correias transportadoras em 14,20%, passando de uma média mensal de 162 desarmes/mês para 139 desarmes/mês, até outubro de 2016.

2.4.3 Análise do fenômeno

Na análise do fenômeno foi constatada a necessidade de estatificar o problema, pois não seria possível trabalhar tomando todos os desarmes de correias transportadoras da usina, além do que demandaria distintas soluções para variadas causas. Para isso, fez-se necessário selecionar uma causa específica em relação ao desarme de correias transportadoras para que, solucionando-a em específico, pudesse alcançar a meta geral.

Para isso, foram verificadas, na base de dados disponíveis, as correias transportadoras que tinham o maior número de desarmes

no período de janeiro a julho de 2016 para priorizar, como mostrado na Figura 5.

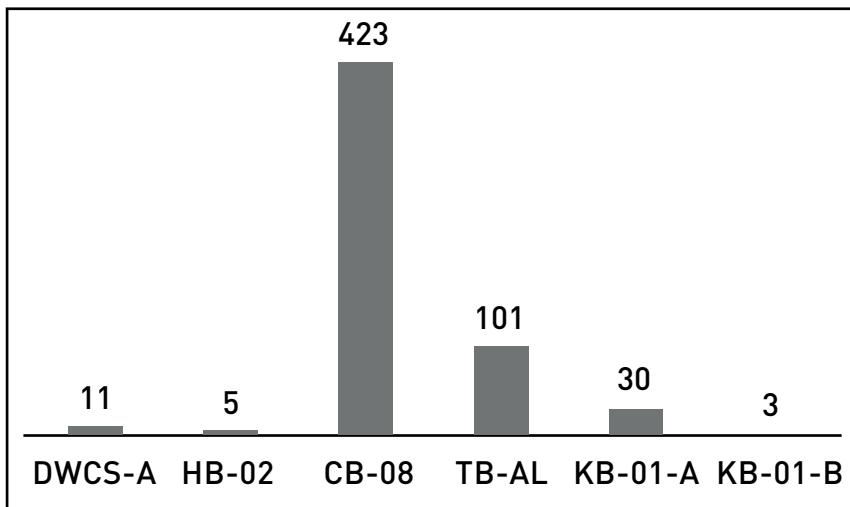


Figura 5. Estratificação das correias que tiveram maiores índices de desarmes

Fonte: Os autores.

Após verificar na base de dados, os índices de desarmes por correia, foi constatado que a correia CB-08 detinha o maior número de desarmes no período, elevando a média geral de desarmes. No período de janeiro a julho de 2016 a correia CB-08 teve uma média de 105,75 desarmes/mês.

Com isso, o problema específico a ser focado no CCQ seria o “elevado número de desarmes da correia transportadora CB-08”.

2.4.4 Detalhamento do problema e da meta

Foi verificado via interface com a sala de controle que quando ocorria o desarme da correia transportadora CB-08 (Figura 6), cerca de 81% das sinalizações de desarme no sistema supervisório eram de “sobrecarga”.

O fenômeno de sobrecarga consiste em elevação da corrente do motor responsável pelo funcionamento da correia transportadora. A correia transportadora CB-08 em questão possuía uma corrente nominal de 50 amperes, ou seja, quando a corrente do motor da correia superava esse valor a transportadora desarmava por sobrecarga.



Figura 6. Correia transportadora CB-08

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

Para a retirada da sinalização de sobrecarga do equipamento, ou seja, para retornar o equipamento para a operação, era necessária a limpeza do material ao longo da correia transportadora. Essa limpeza consistia na retirada do material sobre a correia. Esta atividade ocorria com auxílio do caminhão pipa, por meio da pressão de água suficiente para escoar o material. O minério escoado, proveniente da lavagem, descia para o retorno da correia transportadora CB-08 que possui um ângulo de inclinação de 45°, favorecendo o escoamento para o retorno.

Toda a atividade de retirada de sobrecarga sobre a correia transportadora era realizada pelo operador da área de moagem.

Após a retirada do material sobre a correia transportadora era necessária a intervenção de um eletricista para rearmar o disjuntor do motor da referida correia. Assim, toda a liberação do equipamento, ou seja, para retorná-lo às condições de operação, demandava-se cerca de 20 a 50 minutos, dependendo da complexidade, condições do ambiente e disponibilidade de recursos no ato da sobrecarga, e isso causava uma variação significativa na produção da área da moagem.

Na Figura 7 é evidenciada a oscilação de produção da moagem ao longo de um mês devido às constantes retiradas de sobrecarga da correia CB-08, cada pico registrado no gráfico significa uma parada na transportadora.

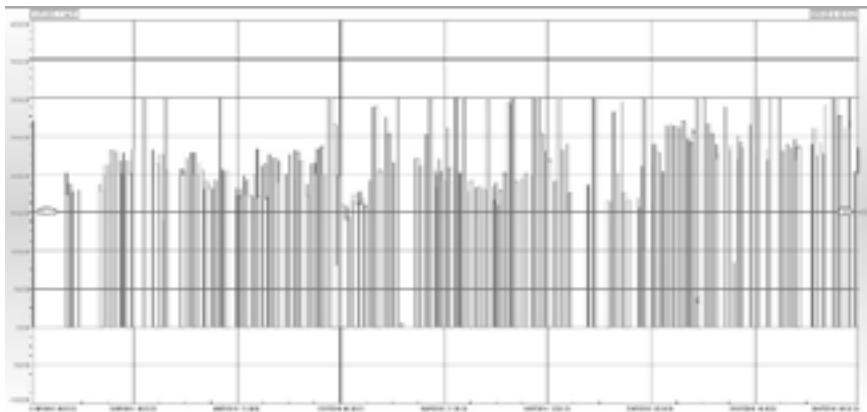


Figura 7. Oscilação na produção da moagem ao longo de um mês

Fonte: Dados internos da pesquisa.

Após verificação dos constantes desarmes e retiradas de material sobre a correia decorrente de sobrecarga, foram correlacionadas cinco perdas no processo da moagem, com relação à atividade da CB-08:

- Operador indisponível na operação: devido ao alto índice de sobrecarga na correia o operador deve executar a lim-

peza do material lavando-o, demandando uma média de 20 a 50 minutos;

- Demanda de serviços de eletricista: necessidade de um eletricista para rearmar o disjuntor;
- Alívio da correia transportadora: para a retirada da sobrecarga era necessário lavar o material sobre a correia, o material retirado voltava para o retorno dessa, não podendo mais ser reaproveitado devido à umidade adquirida na lavagem (Figura 8);

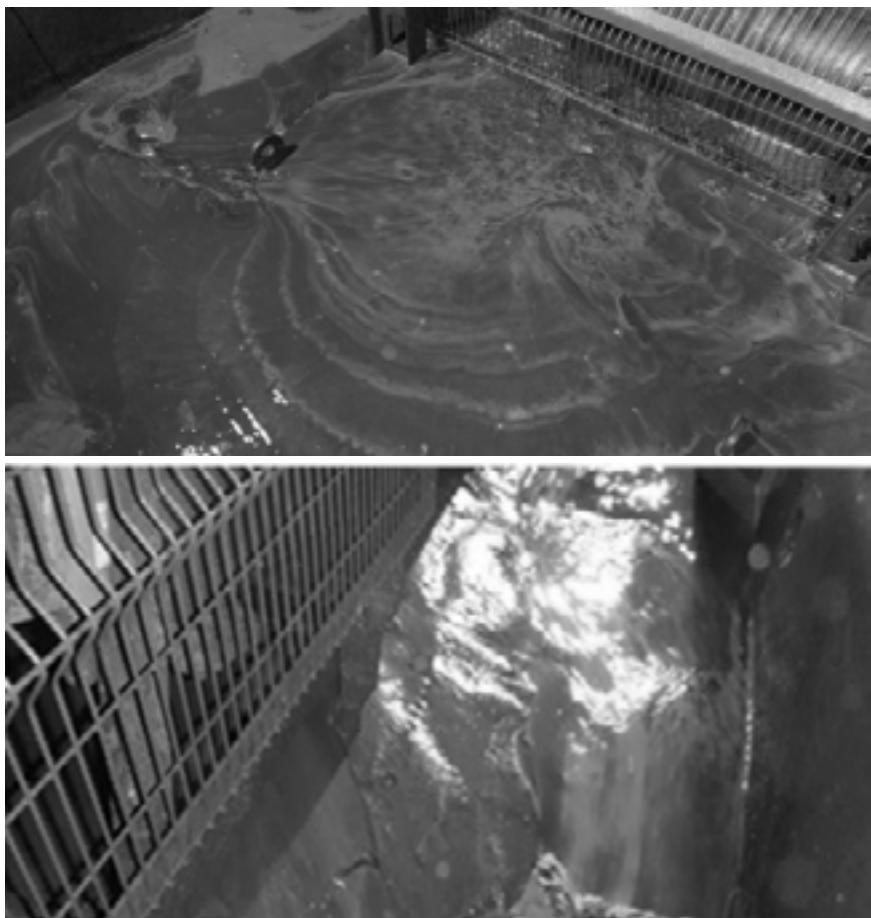


Figura 8. Material proveniente de limpeza de sobrecarga na CB-08

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

- Risco de acidente: foi identificado um risco à segurança do operador ao retirar a sobrecarga da correia, pois o local da atividade de limpeza se encontra em uma passarela em frente ao chute, área onde o operador tem melhor visualização e melhor ergonomia da operação, porém, para acessá-la deveria seguir o caminho por detrás do equipamento pá carregadeira, podendo sofrer acidente, caso o operador da máquina se descuidasse e/ou não visse o funcionário acessando o local (Figura 9).

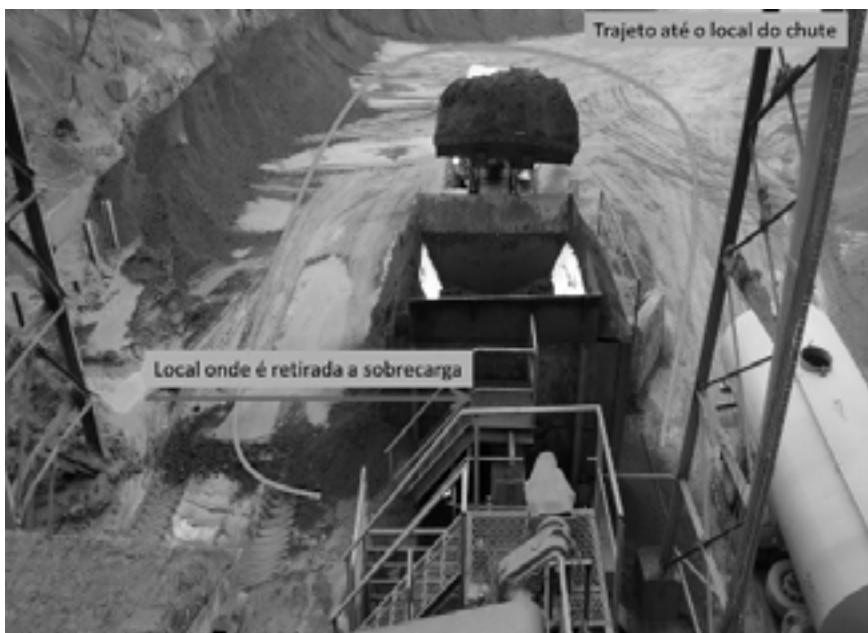


Figura 9. Rota perigosa para a retirada de sobrecarga

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

A empresa classificava todos os riscos presentes na usina e esse risco de atropelamento, por ser constante, em função do excessivo número de sobrecargas, a atividade foi classificada como de alto

risco e a frequência de exposição foi considerada ocasional, conforme mostrado na Figura 10:

Evento Indesejado	Significância	Classe Risco	Probabilidade
Atropelamento	Crítica	Auto	Ocasional

Figura 10. Classificação da atividade de limpeza de sobrecarga

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

- Baixa moral da equipe: a limpeza do material era feita com auxílio do caminhão-pipa que possuía um mangote de água de alta pressão de peso considerável que, em função do número de sobrecargas, trazia insatisfação da equipe, por se tratar de uma atividade corretiva desgastante e dispendiosa. Esse tipo de ação (que não agrega valor) vai contra os preceitos das teorias básicas de eficiência.

Selecionado o problema específico e correlacionadas as perdas referentes à sobrecarga na correia CB-08, foi verificada a necessidade de se definir uma meta para o prosseguimento da metodologia PDCA. A Figura 11 mostra o histórico de paradas da correia CB-08 no período em estudo.

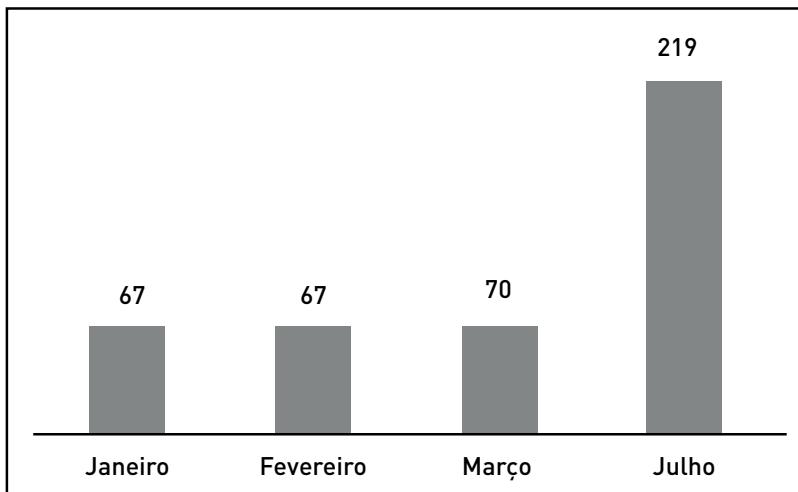


Figura 11. Histórico do número de desarme da transportadora CB-08 de janeiro a julho de 2016

Fonte: Os autores.

Conhecendo a média de desarmes da transportadora CB-08 no período em estudo (≈ 106 ao mês) e o mês de *benchmark*, pode-se definir uma meta específica para o projeto de CCQ, através do método de lacunas, mostrado no Quadro 5.

REGISTRO DE REUNIÃO	
Definição da meta específica	
Cálculo	Resultado
Média – Mês <i>Benchmark</i> = Lacuna	$105,75 - 67 = 38,75$
Lacuna / 2 = Meia Lacuna	$38,75 / 2 = 19,38$
Média – Meia lacuna = Meta	$105,75 - 19,38 = 86,37$

Quadro 5. Método de lacunas para definição da meta específica

Fonte: Os autores.

Assim, a meta específica foi definida usando o método de lacunas trabalhando com metade da lacuna, devido ao alto número de desarmes que a transportadora já possuía até o momento do estudo, e a necessidade de redução de desarmes ser importante para o processo.

Usando o método de lacunas a meta específica foi definida: reduzir o número médio de desarmes da correia transportadora CB-08 em 18,33%. Saindo de uma média de \approx 106 desarmes/mês para \approx 86 desarmes/mês, até outubro de 2016.

Foi constatado ainda que, alcançando a meta específica a meta geral poderia ser alcançada, já que a média de desarmes da correia transportadora CB-08 era consideravelmente alta.

Para melhor visualização do grupo de CCQ, disseminação das informações e para contribuir com a fase de planejamento do PDCA foi registrada em ata de reunião e posteriormente passada para superiores a definição da meta geral e específica, conforme evidenciado no Quadro 6.

REGISTRO DE REUNIÃO	
META GERAL	META ESPECÍFICA
Objetivo: Reduzir a incidência de desarmes de correias transportadoras em 14,02%.	Objetivo: Reduzir o número de desarmes da correia transportadora CB-08 em 18,33%.
Valor: Reduzir a média de 162 desarmes/mês para 139 desarmes/mês.	Valor: Reduzir a média de 105,75 desarmes/mês da correia CB-08 para 86,37 desarmes/mês.
Prazo: 1º de outubro de 2016.	Prazo: 1º de outubro de 2016.

Quadro 6. Meta geral e específica de redução de desarmes

Fonte: Os autores.

2.4.5 *Conhecendo o fluxo do processo*

A correia transportadora CB-08 pertence à área de moagem. A etapa de moagem é conhecida como “cominuição”, na qual, o principal equipamento é o moinho de bolas, responsável pela redução granulométrica do minério necessária para a produção de pelotas nos processos subsequentes.

A moagem é considerada uma operação-chave, pois se não operada de maneira constante e eficiente poderia trazer várias consequências relacionadas à baixa produtividade e ao alto consumo

energético, este último ligado ao alto consumo de energia elétrica que um moinho de bolas necessita para operar.

A correia transportadora CB-08 (objeto de estudo desta pesquisa) é responsável por transportar minério até um moinho de bolas, denominado KMC. O minério da correia transportadora CB-08 era proveniente de fornecedores externos.

Foi constatado na ocasião pelo setor de engenharia da empresa que, para produzir pelota de minério (produto principal da unidade), a usina dependia de 40% de minério de terceiros (minério proveniente de outras minas) e 60% de minério próprio. Portanto, 40% do minério que abastecia toda a produção da pelotização passava no fluxo que envolvia a transportadora CB-08 estudada; com isso, a solução do problema se fez mais relevante devido à importância do equipamento no processo e ao número significativo de sobrecargas na correia.

O fluxo do processo no qual a transportadora CB-08 se configura é mostrado na Figura 12.

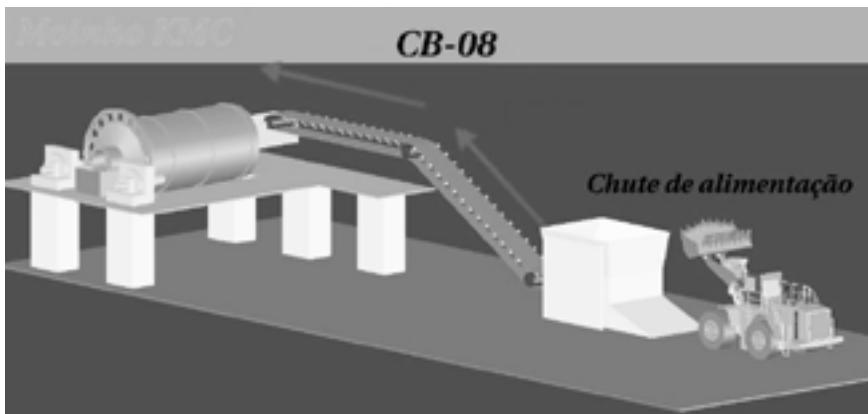


Figura 12. Fluxo do processo CB-08

Fonte: Os autores.

Conforme a Figura 12, uma máquina pá carregadeira abastece o chute de alimentação com minério seco que era movido pela

correia transportadora até o moinho de bolas, denominado KMC. Antes de entrar no moinho, o minério recebia água para ser empolpado para então ser moído no interior do moinho.

Um moinho de bolas tem como objetivo diminuir a granulometria do material por meio de diversos mecanismos como atrito e colisão desse com as esferas internas (corpos moedores) e revestimento do moinho, quebrando o material em partículas menores e consequentemente aumentando sua área superficial. O moinho é um equipamento robusto, feito para processos que necessitam reduzir a granulometria de partículas finas enquanto outros equipamentos não seriam capazes de fazê-lo com tanta precisão.

Para realizar a atividade de eliminação da sobrecarga da correia transportadora CB-08 que alimenta o moinho, são aguardados 30 minutos de operação do moinho em vazio. Esse tempo é respeitado para lavar o material em excesso localizado sobre a correia. Esse é um procedimento interno, executado para evitar que o equipamento fosse ligado e desligado várias vezes com o risco de queimar seus motores de acionamento, além do que, no instante em que se liga o moinho de bolas eleva-se consideravelmente o consumo de energia elétrica para vencer a inércia.

A Figura 13 mostra um balanço das horas de operação do moinho KMC.

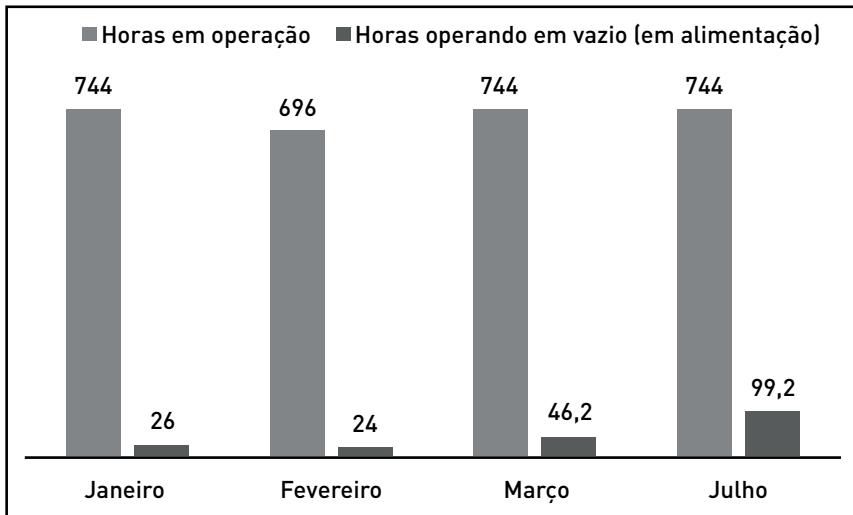


Figura 13. Operação do moinho KMC

Fonte: Os autores.

Observando-se os dados viu-se que, na medida em que os desarmes da correia transportadora CB-08 se tornaram mais frequentes ao longo do período avaliado, o número de horas em vazio do moinho KMC também aumentou.

Com isso, foram observadas várias perdas decorrentes do moinho ligado sem alimentação devido à sobrecarga na correia de abastecimento. Seguem-se as perdas observadas:

- Elevado consumo de energia elétrica – quanto maior o tempo de operação em vazio maior o consumo de energia elétrica, evidenciado na Figura 14.

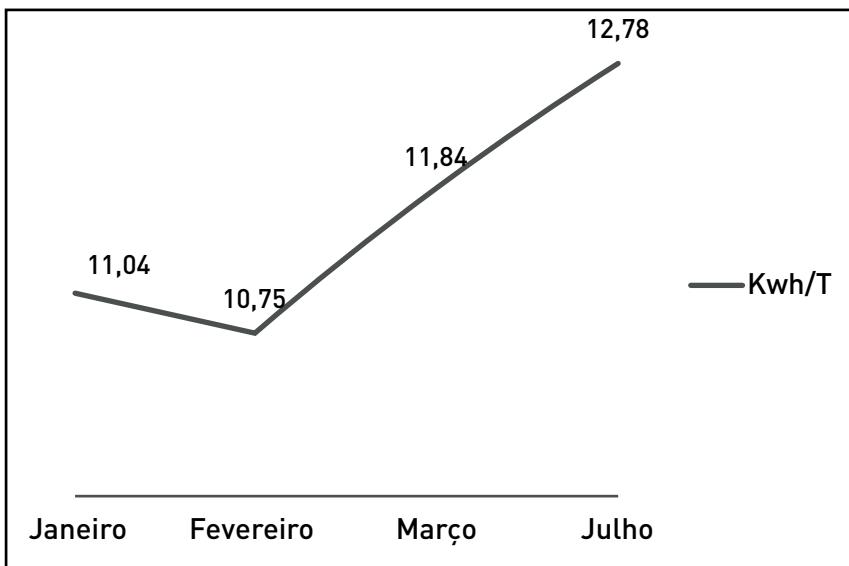


Figura 14. Consumo energético da moagem no período estudado

Fonte: Os autores.

Desgaste do revestimento interno do moinho – quando o moinho é alimentado o próprio minério a ser moído serve como amortecedor, protegendo o revestimento de borracha do contato direto com o corpo moedor, tal proteção não existe quando o moinho opera com a correia de alimentação parada por sobrecarga, conforme Figura 15.



Figura 15. Desenho esquemático, moinho com alimentação e sem alimentação

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

2.5 Análise do processo

Na fase de “análise do processo” foram verificadas as possíveis causas da sobrecarga. Para tanto, foi realizada uma reunião com os membros do grupo de CCQ a fim de apurar o máximo de informação possível e evidências das causas elegíveis de sobrecarga na transportadora CB08.

Foi realizado um brainstorming para agrupar as ideias referentes às possíveis causas do excessivo número de sobrecargas, conforme Quadro 7.

<i>Brainstorming de causa: Porque a CB-08 desarma?</i>
Umidade fora da especificação
Operação sem controle de carga
Grande inclinação da correia transportadora
Roletes travados
Rolo de retorno cheio de material
Motor da transportadora mal dimensionada
Excesso de material sobre a correia transportadora
Desregulagem constante da guilhotina
Operador da pá carregadeira não treinado para a atividade

Quadro 7. Brainstorming de causas

Fonte: Os autores.

2.5.1 Teste de hipótese das causas

Para verificar as possíveis causas obtidas no brainstorming, estas foram submetidas a testes de hipótese. O teste de hipótese das causas é realizado pelos próprios membros da equipe de CCQ, os quais, por experiência e conhecimento nas suas respectivas áreas de especialidades dentro da empresa, tiveram propriedade para discernir o que é uma causa provável ou não. O teste foi realizado questionando se a causa era provável ou não, com justificativa (Quadro 8).

Teste de hipótese das causas: Porque a transportadora CB-08 desarma?			
Posíveis causas	É provável?	Justificativa	
Umidade fora da especificação	Não	O material pode chegar com umidade alta no pátio devido a chuvas, porém não ao ponto de impossibilitá-lo de ser usado no processo.	
			
Operação sem controle de carga	Sim	Pois o operador da pá carregadeira não tem visão se o chute de alimentação está cheio ou vazio, a concha da máquina impede de visualizar o nível do chute.	
			
Alto ângulo de inclinação da correia transportadora	Não	Apesar do alto ângulo de inclinação da transportadora, o motor da correia está dimensionado para suportar esse ângulo na operação.	
			
Roletes travados	Não	A correia transportadora recebe manutenções corretivas e preventivas que asseguram o funcionamento dos roletes.	
			

Quadro 8. Teste de hipótese das causas

Fonte: Os autores.

Depois de fazer o teste de hipótese das causas foi constatado pelos membros do grupo de CCQ que “a operação sem controle de alimentação no chute” era a mais provável causa para o problema de elevado número de desarmes da correia transportadora CB-08, pois o opera-

dor da pá carregadeira não tinha noção do nível de preenchimento do chute, uma vez que a concha da máquina bloqueava sua visão.

Com isso o grupo de CCQ teve a ideia de observar como a sobrecarga ocorria em campo, mais especificamente o abastecimento de material no chute de alimentação. O local consistia em um pátio de armazenamento de minério, onde a máquina pá carregadeira carregava o minério do pátio e o depositava no chute de alimentação. O chute de alimentação, por sua vez, possuía altura elevada, razão pela qual a pá carregadeira necessitava levantar muito a concha para depositar o material que era transportado pela correia transportadora CB-08 até o moinho de bolas.

Foi constatado que a sobrecarga na transportadora CB-08 ocorria quando a corrente elétrica no motor da correia superava a 50 amperes quando, na maioria dos casos, o chute fica cheio de material.

Porém, também foi observado que, em alguns casos, mesmo com o nível de preenchimento abaixo de 50% do chute de alimentação ocorria sobrecarga. Portanto, através dessa observação, foi constatado pelo grupo de CCQ que a “operação sem controle de potência do motor da transportadora” seria a causa fundamental da sobrecarga, devendo ser estudada, compreendida e solucionada.

Para auxiliar na solução do problema, o grupo de CCQ registrou em reunião a causa fundamental a ser trabalhada no projeto Lúminus, conforme Quadro 9.

REGISTRO DE REUNIÃO	
Causa fundamental do elevado desarme da correia transportadora CB-08	Operação sem controle de potência do motor da transportadora

Quadro 9. Causa fundamental definida

Fonte: Os autores.

2.5.2 *Plano de ação*

Descoberta a causa fundamental, foi necessário delimitar um plano de ação para neutralizar o problema seguindo as fases do ciclo PDCA. Para isso, foi organizado um brainstorming de possíveis medidas com o seguinte questionamento: “Como neutralizar a causa de operação sem controle de potência no motor da transportadora?”. O resultado do brainstorming de possíveis medidas é mostrado no Quadro 10.

Como neutralizar a causa de ‘operação sem controle de potência do motor da transportadora’?
Disponibilizar operador para monitorar a capacidade normal do chute de alimentação.
Instalar sensor de nível no chute.
Instalar dispositivo para sinalizar o nível do chute para o operador da pá carregadeira.
Instalar dispositivo para sinalizar a amperagem do motor da correia transportadora para o operador da pá carregadeira.
Operador da sala de controle comunicar sempre que a corrente do motor da transportadora CB-08 estiver se aproximando da nominal.
Instalar um motor mais potente para a transportadora CB-08.
Mudar layout do chute de alimentação.

Quadro 10. Brainstorming possíveis de medidas

Fonte: Os autores.

Após a realização do brainstorming de possíveis medidas que constituiriam o plano de ação para solucionar a causa fundamental “operação sem controle de alimentação no chute”, foi necessário realizar análise de viabilidade de medidas. O resultado da análise é mostrado no Quadro 121

Como neutralizar a causa de ‘operação sem controle de alimentação no chute’?		
Medidas possíveis	É viável?	Justificativa
Disponibilizar o operador da área para monitorar a capacidade normal do chute de alimentação	Não	Pois o operador tem outras atividades durante a jornada de trabalho.
Instalar sensor de nível no chute	Não	Foi verificado que a sobrecarga acontece devido à corrente excessiva do motor da transportadora e não necessariamente nível alto do chute de abastecimento.
Instalar dispositivo para sinalizar o nível do chute para o operador da pá carregadeira	Não	A sinalização de nível não evitaria a sobrecarga, pois o desarme da transportadora ocorre por corrente alta do motor.
Instalar dispositivo para sinalizar a amperagem do motor da correia transportadora para o operador da pá carregadeira	Sim	Se o operador da máquina pá carregadeira tiver ciência da corrente do motor da transportadora estiver alta não irá abastecer o chute.
Técnico da sala de controle comunicar sempre que a corrente do motor da transportadora CB-08 estiver se aproximando da nominal	Não	Embora o técnico da sala de controle possuísse a indicação de corrente do motor da correia transportadora, as outras atividades não permitiriam uma atenção quase que exclusiva para esse equipamento.
Instalar um motor mais potente para a transportadora CB-08	Não	A instalação de outro motor mais potente para a transportadora implicaria em custos elevados, mudança de layout e o grupo de CCQ não tem autonomia para atuar nesse quesito.
Mudar layout do chute de alimentação	Não	Existem outros equipamentos no local que seriam afetados pela mudança de layout do chute.

Quadro 11. Teste de viabilidade das medidas

Fonte: Os autores.

Com isso, foi constatado que instalar um dispositivo para sinalizar a amperagem do motor da correia transportadora para o operador da pá carregadeira se mostrava a medida mais viável, pelo fato de que, se o operador tivesse indicação da corrente do motor da transportadora procederia ou não com o carregamento.

Sabendo que a solução seria providenciar uma sinalização para o operador da máquina pá carregadeira, o líder do grupo determinou que os circulistas pesquisassem no mercado algum dispositivo que fosse eficiente para tal sinalização e ao mesmo tempo levasse em consideração o preço, ou seja, que não caracterizasse um dispositivo caro e que interferisse no custo-benefício do projeto de forma indesejada.

Com isso, um dos circulistas, que possuía a função de eletricista, teve a ideia de instalar um semáforo comutado com a corrente do motor da correia transportadora, para fazer a sinalização. Como a corrente nominal do motor da correia transportadora CB-08 era de 50 amperes a proposta do semáforo comutado no motor então seria: abaixo de 35 amperes o semáforo sinalizaria verde, para o abastecimento do chute de alimentação; quando estivesse acima de 45 amperes o semáforo sinalizaria vermelho, indicando cessação do abastecimento, até que a correia transportadora tivesse sua amperagem normalizada e sinalizasse verde novamente. Considerando que entre 35 e 45 amperes era uma amperagem considerada intermediária o semáforo não deveria sinalizar nem verde e nem vermelho, pois neste intervalo ocorreria o movimento da correia transportadora descarregando material e aliviando-a, até que chegassem novamente a 35 amperes.

Para destacar a proposta foi feito um desenho esquemático contextualizando a função do semáforo no circuito, mostrado na Figura 16.

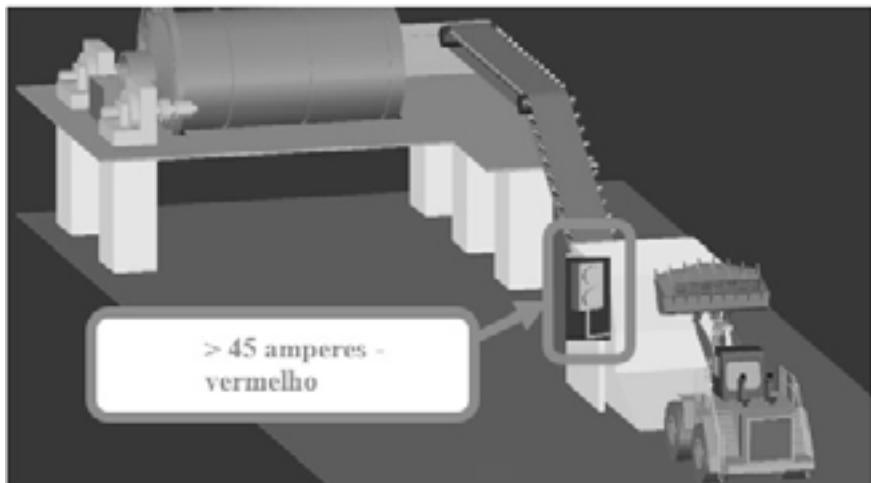


Figura 16. Proposta do projeto Lúminus

Fonte: Os autores.

Tendo como referência a implantação da estratégia para sinalizar a amperagem da correia, foi desenvolvido pelos membros do grupo um plano baseado no 5W2H², mostrado no Quadro 12.

Plano de ação: Instalar semáforo para sinalização de corrente para operador da pá carregadeira					
O que?	Como?	Quem?	Onde?	Prazo	Quanto?
Comprar semáforo	Contatar departamento de compra	Líder	Lojas Virtuais	29/7/16	1.130 reais
Requisitar componentes elétricos	Verificar no almoxarifado elétrico	Circulistas 1 e 2	Almoxarifado elétrico	5/8/16	0 (não houve compra, pois já havia no estoque)

2. O 5W2H é uma ferramenta utilizada para realizar um plano de ação baseado em cinco perguntas em inglês com a letra W (what – o que será feito, why – por que será feito, where – onde será feito, when – quando será feito, who – quem fará,) seguidas de duas perguntas com a letra H (how – como será feito, how much – quanto custará).

Soldar e cortar chapas necessárias para a instalação do semáforo	Utilizar máquina de solda e materiais disponíveis	Circulistas 3 e 4	Ao lado do chute de alimentação	6/8/16 (2 horas)	49,64 reais (mão de obra)
Recolher o semáforo no departamento de compra	Mostrar a requisição de compra e recolher o semáforo	Líder e secretário	Sala do departamento de compra	12/8/13	0
Comutar o semáforo com o motor da CB-08	Passar cabos elétricos do motor até a sala de painéis	Circulistas 2 e 5	Sala de painéis e motor ao lado da correia transportadora CB-08	13/8/16 (2 horas)	55,60 reais (mão de obra)
Testar semáforo	Fazendo a ligação elétrica do semáforo, conferindo amperagem	Líder, secretário, especialistas na área da elétrica e operação	Ao lado do chute de alimentação	13/8/16	0
					Gastos: R\$ 1235,24

Quadro 12. Plano de ação 5W2H

Fonte: Os autores.

Com o plano de ação definido, foi possível estimar o custo final à época do projeto em torno de R\$ 1.235,24. O valor total foi previamente calculado e o plano de ação foi passado para as responsáveis do departamento financeiro e superiores envolvidos, para que fossem aprovadas e iniciadas as execuções.

Salienta-se que durante essa fase, os membros do grupo de CCQ convencionaram dar o nome ao projeto de “Lúminus”, devido à luminosidade do semáforo, escolhido como meio para sinalizar o controle do processo. Após a aprovação do plano de manutenção feita por superiores da empresa pôde-se dar continuidade ao PDCA.

2.5.3 Execução do plano de ação

Salienta-se que a execução do plano de ação foi realizada por todos os membros do grupo, porém, aquelas atividades que demandaram treinamentos e funções específicas – a citar atividades das áreas elétrica e de soldagem – foram realizadas por membros habilitados. Apresentam-se algumas imagens da execução do plano de ação na Figura 17.



Figura 17. Execução do plano de ação

Fonte: Os autores.

Desse modo, no plano de ação foi instalado um semáforo comutado com a corrente do motor da correia transportadora CB-08. Portanto, em resumo, orientação passada aos operadores é somente abastecer no sinal verde. A Figura 18 mostra o funcionamento do sistema de visualização.

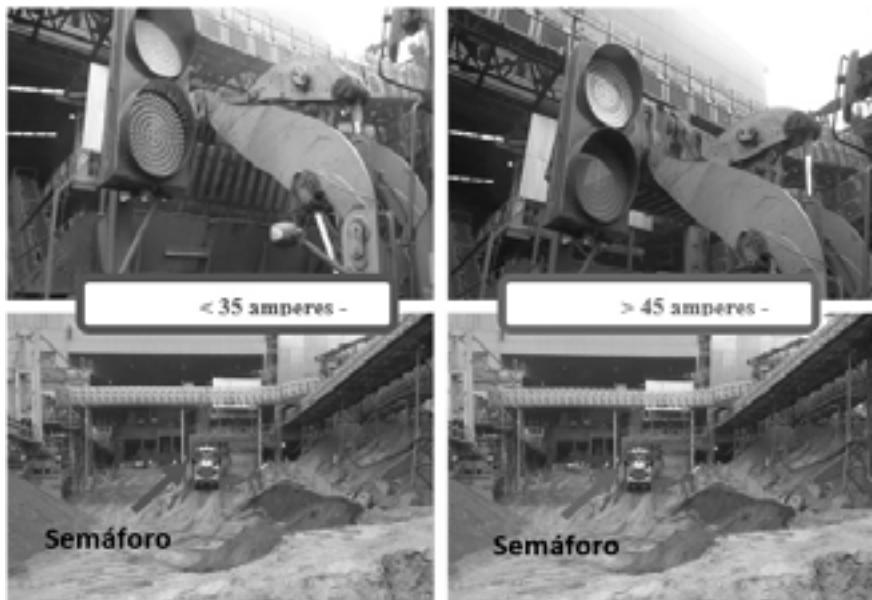


Figura 18. Funcionamento do semáforo

Fonte: Os autores.

Após a instalação do semáforo foram feitos treinamentos com os operadores de área e também com os das pás carregadeiras responsáveis pelo abastecimento do chute de manutenção, esse treinamento foi designado aos ciclistas. Com isso, o projeto ficou em fase de análise dos resultados nos dois meses seguintes à implantação, para assim passar para a próxima fase do PDCA.

2.6 Checagem

Na fase C (checagem) – dois meses subsequentes à implantação do projeto – o líder e o secretário do grupo de CCQ tiveram a responsabilidade de coletar dados referentes ao projeto implantado, com o objetivo de averiguar paradas da correia transportadora em estudo, possíveis e eventual efeito colateral. Para isso foi necessário auxílio de engenheiros e técnicos responsáveis pelo processo. Prontamente atendidos por estes, pôde-se enxergar resultados no

círcito. Na Figura 19 pode-se verificar o comparativo de paradas da correia transportadora CB-08.

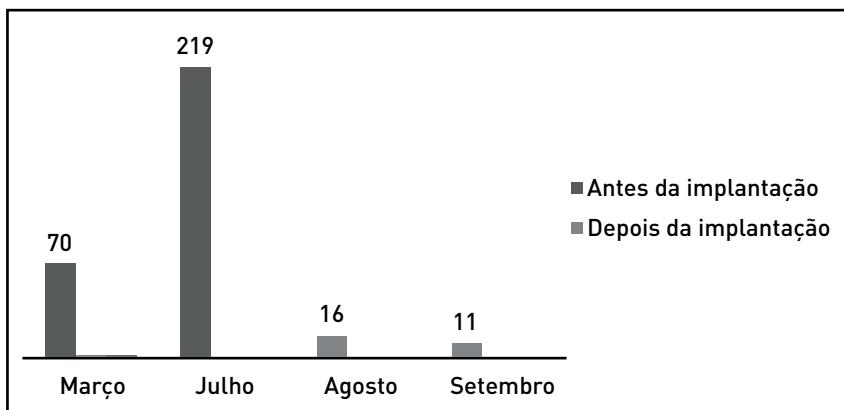


Figura 19. Comparativo de paradas da transportadora CB-08

Fonte: Os autores.

Com isso, foi constatada uma diminuição de desarmes da correia transportadora CB-08 por sobrecarga (foco do estudo), além disso, foram constatados também desarmes por manutenções corretivas, preventivas e paradas operacionais de usina. Após a coleta dos dados pode-se perceber que a meta específica foi superada, conforme evidenciado no Quadro 13.

REGISTRO DE REUNIÃO	
META ESPECÍFICA	RESULTADO DOIS MESES APÓS A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO
Objetivo: Reduzir a média de desarmes da correia transportadora CB-08 em 18,33%.	Redução da média de desarmes da correia transportadora CB-08 foi de 29,08%
Valor: Diminuir a média de 105,75 da correia CB-08 para 86,37.	Valor médio de desarmes da correia CB-08 passou para 75.
Prazo: 1º de outubro de 2016.	O prazo foi cumprido

Quadro 13. Meta específica do projeto Lúminus

Fonte: Os autores.

Com a redução de desarmes da correia transportadora CB-08, pode-se perceber que a média de desarmes de correias transportadoras na usina de pelotização também sofreu redução, conforme apresentado na Figura 20.

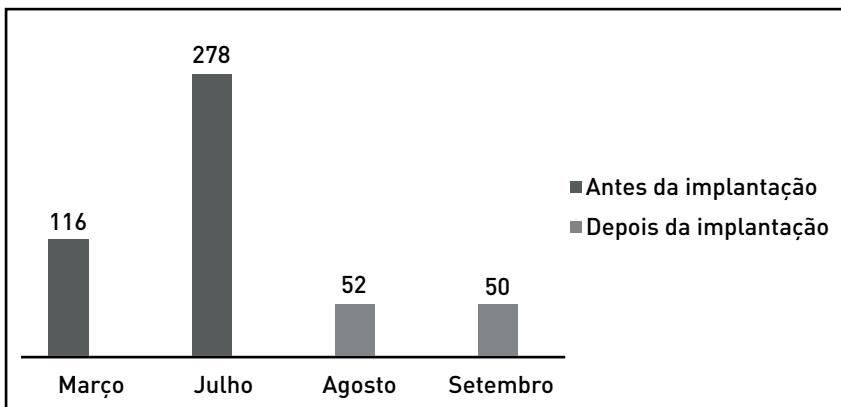


Figura 20. Comparativo de paradas de transportadoras

Fonte: Os autores.

Com a redução de desarmes de correias transportadora na usina, pode-se constatar que a média geral de desarmes de correias também teve redução a ponto de superar a meta geral, conforme apresentado no Quadro 14.

REGISTRO DE REUNIÃO	
META GERAL	RESULTADO DOIS MESES APÓS A IMPLANTAÇÃO DO PROJETO
Objetivo: Reduzir a média mensal de desarmes de correias transportadoras em 14,20%.	Média de desarmes mensais de correias transportadoras foi de 22,84%
Valor: Reduzir o número de 162 desarmes/mês para 139 desarmes/mês.	Número de desarmes passou para 125 desarmes/mês
Prazo: 1º de outubro de 2016.	O prazo foi cumprido

Quadro 14. Meta geral do projeto Lúminus

Fonte: Os autores.

2.6.1 Ganhos tangíveis e intangíveis

Constataram-se alguns ganhos tangíveis e intangíveis com a superação das metas. Como ganhos intangíveis pode-se evidenciar:

- Diminuição da necessidade de limpeza constante do retorno da correia transportadora CB-08 (Figura 21);

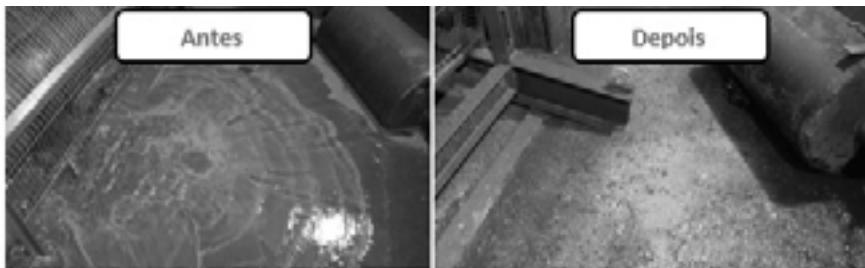


Figura 21. Comparativo de necessidade de limpeza do piso, antes e depois do projeto

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

- Redução da classe de risco de segurança da área e também da frequência de exposição ao risco, conforme mostrado na Figura 22;

Antes				Depois			
Evento Indesejado	Significância	Classe Risco	Probabilidade	Evento Indesejado	Significância	Classe Risco	Probabilidade
Atropelamento	Critica	Auto	Ocasional	Atropelamento	Critica	Médio	Pouco Provável

Figura 22. Comparativo de fator de risco

Fonte: Documento do setor de beneficiamento.

- Aumento do moral dos operadores da área.

Como ganhos tangíveis pode-se evidenciar:

- Menor consumo de energia elétrica atribuída à área da moagem: o moinho de bola KMC ficou a maior parte do tempo operando com carga, auxiliando no melhor aproveitamento do consumo elétrico. Na Figura 23 tem-se um comparativo de média mensal de consumo de energia elétrica na área da moagem, antes e depois da implantação do projeto;

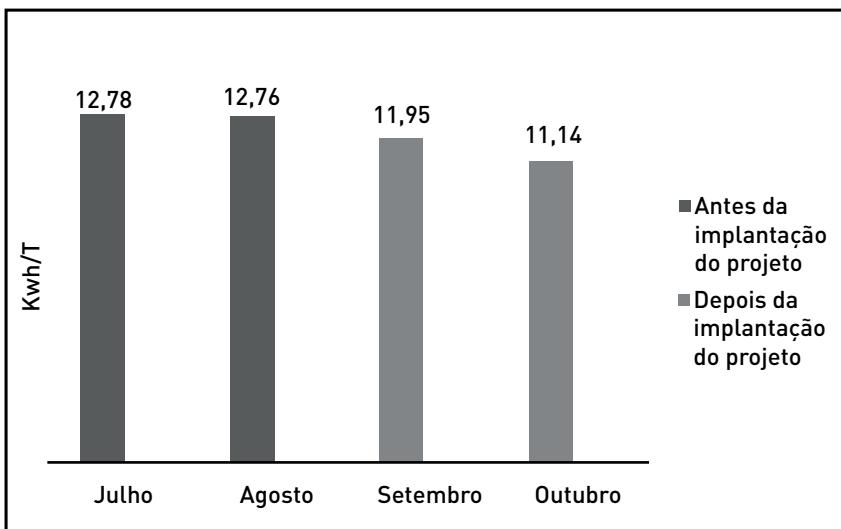


Figura 23. Comparativa de média de energia elétrica consumida por tonelada produzida no moinho de bolas

Fonte: Os autores.

- Maior disponibilidade física da correia CB-08: devido à redução do número de sobrecargas o equipamento teve maior disponibilidade para operação, conforme mostra o comparativo na Figura 24, até setembro de 2016 a transportadora CB-08 obteve um aumento de 142 horas em relação entre julho e setembro, um acréscimo de aproximadamente 38%;

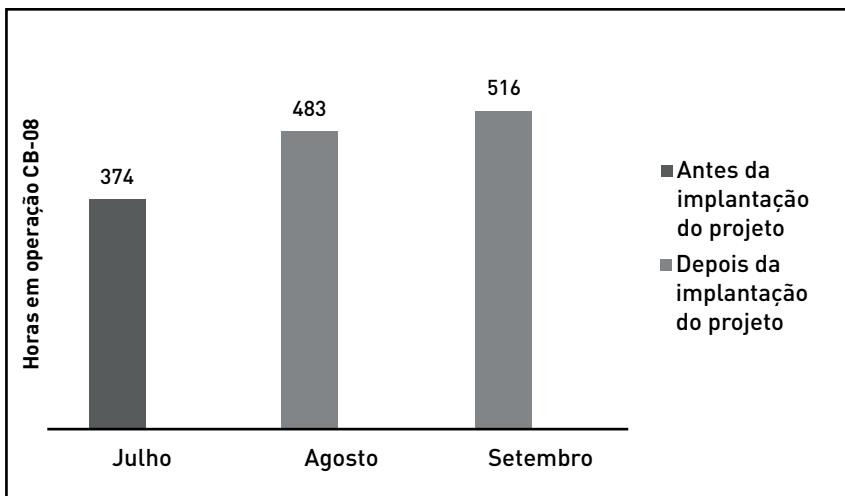


Figura 24. Comparativo de horas em operação da transportadora CB-08

Fonte: Os autores.

- Aumento de produção: com o ganho de disponibilidade da transportadora CB-08 para a operação, consequentemente houve um aumento significativo de produção, um acréscimo de aproximadamente 77% no volume de produção da correia transportadora em estudo, em um intervalo de dois meses, conforme Figura 25.

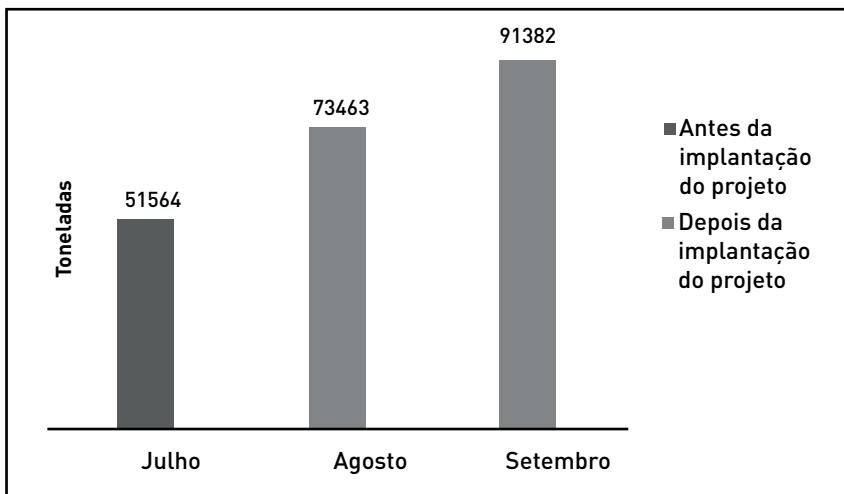


Figura 25. Comparativa de volume de produção da CB-08

Fonte: Os autores.

2.7 Padronização e estabelecimento de controles

Na última fase do PDCA foi realizado pelo líder do grupo o registro de padronização do novo método de execução da atividade em conformidade com os manuais utilizados pela empresa, sendo disseminado pelos circulistas para todos os envolvidos na área da moagem.

Ficou definido que os circulistas fizessem um treinamento presencial com operadores de área, operadores de pá carregadeira, mecânicos eletricistas, sobre o novo método de abastecimento do chute da transportadora CB-08.

O líder do grupo e o secretário apresentaram o trabalho formalmente para os engenheiros, gerentes, técnicos e supervisores, obtendo registro de validação, pela contribuição que o projeto trouxe em termos ambientais, de segurança e de eficiência operacional.

O sistema foi inserido nos planos de manutenção da organização para que, quando houvesse necessidade de troca ou reparo dos componentes que o envolvessem, a manutenção fosse realizada. Fo-

ram disponibilizados componentes/peças extras para manutenção e inserido no checklist de área do operador, para sinalizar caso ocorresse alguma anomalia no semáforo ou em algum outro componente. O projeto obteve ampla divulgação nos meios de comunicação da empresa, a citar: jornais informativos, e-mails, sites internos, diálogos de segurança, banco de dados de melhorias, além da própria interação entre as equipes durante os turnos de trabalho.

Considerações finais

O projeto Lúminus aumentou a eficiência no processo de moagem diminuindo o número de sobrecargas na transportadora CB-08 e, com isso, houve ganhos de produtividade, qualidade e segurança. Para além disso, também houve um ganho significativo para os funcionários da área de moagem, onde o operador destinado para a área (a citar também o líder desta pesquisa-ação) obteve maior disponibilidade para outras atividades, além dos eletricistas e operadores de pá carregadeira que diminuíram suas demandas com a diminuição das sobrecargas da correia transportadora. Isso elevou a moral dos funcionários quanto à rotina de trabalho e também quanto à participação no desenvolvimento de um projeto de melhoria, de maneira metódica e efetiva.

Foi verificado que, na elaboração do plano de ação 5W2H, se poderia ter viabilizado a quantificação de valores referentes à mão de obra de especialistas da operação e de profissionais da elétrica que contribuíram, mesmo que de maneira indireta, para a execução do projeto. Observou-se também que os ganhos no volume de produção que o projeto conseguiu alcançar poderiam ter sido convertidos em valores financeiros no preço do produto final, tal conversão traria uma valorização maior dos efeitos do sistema.

Como feedback, o grupo de CCQ constatou que o plano de ação utilizado para a solução da problemática neste projeto poderia ser re-

plicado a outras correias transportadoras que possuem abastecimento via pá carregadeira. Assim, como trabalhos futuros, observou-se a possibilidade de aplicação de tal solução em outros locais.

Referências

- ALVES, Bruna de Oliveira Ramos; ALVES, José Alexandre da Costa. **Estratégias Competitivas e Objetivos de Desempenho da Produção: Uma Abordagem Conceitual.** In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 12., 2016, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, 2016.
- BRAVO, Ismael. **Gestão da Qualidade em tempos de mudanças.** 2. ed. São Paulo: Editora Alínea, 2010.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC Controle da Qualidade total (No Estilo Japonês).** Nova Lima: Editora Falconi, 2014.
- GHINATO, Paulo. **Produção e competitividade:** Aplicações e Inovações. Recife: Ed. UFPE, 2000.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LOBO, Renato Nogueiro. **Gestão da Qualidade.** 1. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2010.
- MEZOMO, João Catarin. **Gestão da qualidade na saúde.** Barueri: Manole, 2001.
- OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção.** São Paulo: Bookman, 1997.
- THIOLLENT, Michael. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo : Cortez; Campinas: Autores Associados, 1986.
- TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção:** Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativa. Itajubá: Unifei, 2012.

4. TECNOLOGIA ARDUINO E CÉLULAS PELTIER: DESENVOLVIMENTO DE UM REFRIGERADOR PARA BEBIDAS EM LATA

*Christian Junio Erculano Candido
Fabrício Carvalho Soares*

Introdução

A relevância social do lazer é um fato indiscutível, pois seus benefícios, no que tange à qualidade de vida, são ratificados empírica e cientificamente. Uma necessidade comumente presente em diversos contextos e ambientes sociais em que se pretende promover o lazer é o resfriamento de bebidas de modo rápido e eficiente.

Estando submetido a um âmbito social extremamente materialista, em que a existência humana, como função do mercado e do sucesso profissional, é validada pela produção individual, o homem mostra-se, em muitos casos, saturado por uma imposição social de modelo de vida. O estresse, a depressão e outras patologias do século são evidentemente produtos inevitáveis desse meio social.

Nesse contexto, emergem discussões e reflexões sobre práticas que propiciem qualidade de vida, tanto no âmbito da saúde física como no da psicológica, aos homens imersos numa rotina desgastante e deterioradora da alma.

Diante disso, o lazer se apresenta como uma prática indispensável para a manutenção da saúde, da satisfação e da realização

pessoal. A relevância social do lazer é um fato empírico e biologicamente ratificado, dada sua influência na qualidade da vida humana.

Assim, além da viabilidade econômica, deve-se avaliar a relevância social de um produto, pois seu potencial de mercado está intrinsecamente relacionado ao fato de ele ir de encontro a demandas sociais.

Uma necessidade comum em ambientes e contextos em que se promove o lazer é a de se ter bebidas próprias para o consumo assim que desejado. Pensando nisso, propõe-se aqui a construção de um dispositivo eletroportátil capaz de resfriar uma bebida enlatada em até três minutos.

Os métodos tradicionais e os produtos atualmente disponíveis no mercado para o resfriamento de bebidas mostram-se demasia-damente lentos no processo de resfriamento ou de utilização inviável. No caso de um refrigerador tradicional, um considerável intervalo de tempo é demandado para que uma lata de refrigerante, por exemplo, que se encontra acima da temperatura desejada, seja resfriada. Em se tratando de dispositivos disponíveis no mercado que prometem o resfriamento em poucos minutos, a inviabilidade reside na necessidade da utilização de água e gelo, o que, em alguns casos, não é conveniente para o consumidor.

Os eletroportáteis concorrentes disponíveis no mercado que prometem um resfriamento rápido carecem, além de energia elétrica, da utilização de água e gelo, o que pode vir a ser, em muitos casos, inviável para o consumidor. No entanto, o produto que se propõe aqui dispensa o uso de água e gelo, necessitando apenas de energia elétrica.

A proposição deste capítulo, portanto, é motivada pelo potencial de mercado do produto a ser desenvolvido, que dialoga com a relevância social do lazer, tendo como objetivo a satisfação do consumidor de forma ágil e viável. Agilidade, pela rapidez no resfriamento; viabilidade, pela ausência da necessidade de se utilizar água e gelo, sendo apenas necessária a energia elétrica.

Assim, como os eletroportáteis utilizados no nosso cotidiano, o refrigerador avançado trará uma facilidade e agilidade durante o seu uso, sendo necessário apenas uma tomada simples de tensão 110V para que seja conectado, estando pronto para ser utilizado.

Para isso, serão utilizadas como mecanismo de resfriamento células de Peltier, cujo funcionamento é baseado no “Efeito Peltier”, que consiste na produção de um gradiente de temperatura na junção de dois condutores (ou semicondutores) de materiais diferentes quando submetidos a uma tensão elétrica em um circuito fechado. As Células de Peltier são pequenas unidades constituídas de duas “chapas” de material isolante (normalmente cerâmico) com uma malha de material condutor na superfície interna de cada chapa. Entre as duas malhas de condutores, estão localizados diversos pares de semicondutores que ocasionam o efeito Peltier, transformando energia elétrica, proveniente de uma fonte, em energia térmica e, graças ao posicionamento e ordenação dos pares, absorvendo calor em uma chapa e dissipando calor em outra.

1. Referencial teórico

1.1 *Efeito Peltier*

Com os avanços na engenharia de materiais em diversas áreas, os efeitos térmicos, conhecidos desde o século XIX, tornaram-se viáveis tecnologicamente em sistemas de refrigeração. Especificamente, o desenvolvimento de pastilhas semicondutoras possibilitou a aplicação prática do efeito Peltier. Neste efeito, um fluxo de corrente na junção de dois metais distintos resulta na liberação ou absorção de calor (Fraden, 2003).

De acordo com Balbinot e Brusamarello (2011), o efeito Peltier pode ser definido como a mudança no conteúdo de calor quando uma quantidade de carga (1 coulomb) atravessa a junção. Esse

efeito (efeito Seebeck) é reversível e depende da composição das junções e da temperatura, apresentando uma relação linear.

A célula Peltier, ou módulo Peltier, converte energia elétrica interna em um gradiente de temperatura entre suas duas faces. Composta por materiais semicondutores tipo p (positivo), que próximo ao terminal positivo ocorre absorção de calor e perda de calor próximo ao terminal negativo, e tipo n (negativo), que próximo ao terminal negativo ocorre absorção de calor e perda de calor próximo ao terminal positivo, são interligados eletricamente em série e tecnicamente em paralelo, o fluxo de corrente elétrica através da junção desses materiais dopados de maneira diferente gera um gradiente de temperatura, caracterizando o efeito Peltier.

Dependendo do sentido da corrente, uma das faces resfriará enquanto a outra aquecerá. Esse fenômeno ocorre devido à passagem do elétron de um nível mais alto de energia (material tipo n) para um nível mais baixo (material tipo p), resultando na liberação de calor (Barreto Neto; Lima, 2006).

Como vantagens para a utilização da célula Peltier pode-se descrever:

- Não utiliza partes mecânicas móveis para refrigeração, ideal para uso com câmeras CCD (*Charged-Coupled Device*);
- Aquece ou resfria dependendo apenas da polaridade da alimentação, ideal para aplicações que exigem o controle eletrônico preciso da temperatura como lasers de diodo utilizados em telecomunicações;
- Dispensa o uso de gases refrigerantes, tecnologia 100% estado sólido no que implica alta confiabilidade e baixos níveis de ruído;
- Permite a refrigeração pontual (localizada);
- Funciona em qualquer orientação com/sem gravidade diferentemente dos refrigeradores baseados em compressores.

Algumas desvantagens são:

- Uso de corrente elétrica contínua (custo com outros componentes adicionais, como o retificador);
- Baixa potência térmica para aplicação em alta escala;
- Alto custo do elemento Peltier para pastilhas de alta eficiência.

1.2 A placa Arduino

De acordo com Banzi (2011), o Arduino representa uma plataforma de hardware de código aberto, fácil de usar e ideal para criar dispositivos que interagem com o ambiente por meio de sensores de temperatura, sensores de som, LEDs, motores, displays, alto-falantes, entre outros.

Segundo Cavalcanti, Tavolaro e Molisani (2011), a plataforma consiste em uma placa de circuitos com entradas e saídas para um microcontrolador, um ambiente de desenvolvimento e um bootloader já gravado no microcontrolador.

Originado na Itália em 2005, inicialmente para proporcionar uma placa de prototipagem acessível aos estudantes de engenharia, o Arduino é agora amplamente utilizado em projetos interdisciplinares. Além de ser uma escolha para artistas, entusiastas e educadores interessados em ensinar e aprender sobre robótica e eletrônica, suas funcionalidades e aplicações são vastas (Banzi, 2011).

2. Metodologia

Segundo Silva e Menezes (2005), a metodologia direciona a forma de se fazer uma pesquisa para que haja reflexão e análise com objetivo de ampliar horizontes. Para isso, são necessários novos pensamentos para agregar valor ao desenvolvimento da pesquisa.

Como caracterização da pesquisa, pode-se classificá-la como um estudo experimental de natureza aplicada, com objetivo explicativo.

De acordo com Prodanov e Freitas (2013, p. 57), a pesquisa experimental ocorre “quando determinamos um objeto de estudo, selecionamos as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definimos as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto”.

A Figura 1 retrata a definição da metodologia para esta pesquisa.

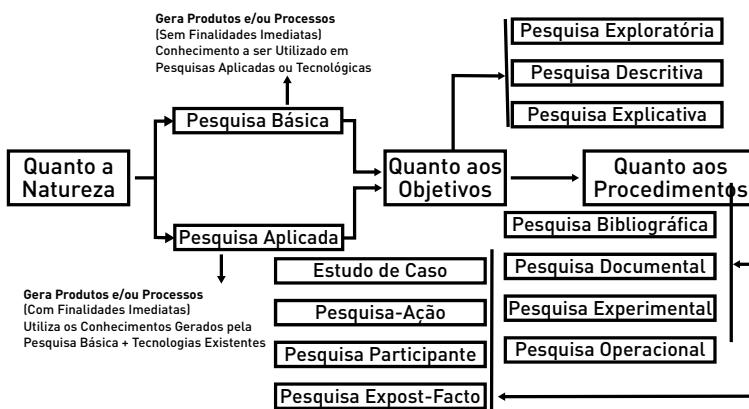


Figura 1. Definição da metodologia da pesquisa

Fonte: Adaptado de Silva (2004 *apud* Prodanov; Freitas, 2013).

3. Desenvolvimento da pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi avaliada a necessidade comum em ambientes e contextos em que se promove o lazer para que se tenha bebidas próprias para o consumo assim que desejado. Viu-se, através disso, a oportunidade de confecção de um super-refrigerador que utiliza células de Peltier. O objetivo da pesquisa foi encontrar uma forma de refrigerar uma lata com volumetria de 350 ml considerando que o líquido a ser resfriado teria proprieda-

des semelhantes às da água a 20 °C, tais como a densidade ρ (kg/m³) e o calor específico c (J/kg.K).

Os passos para a implantação após a análise seguiram a definição de que a temperatura do líquido seria reduzida de um ΔT cujo módulo corresponde a 25 °C e m é igual à massa do corpo (350 mg). Assim, pôde-se calcular a quantidade Q (J) de energia necessária para resfriar a lata (Eq. 1) e, também, a potência P (W) necessária para refrigerar o sistema em um intervalo de tempo Δt equivalente a 180 segundos (Eq. 2), conforme apresentado abaixo.

Eq. 1

$$\begin{aligned} Q &= m \times c \times \Delta T \\ Q &= 350 \times 4,18 \times 25 \\ Q &= 36.575 \text{ J} \end{aligned}$$

Eq. 2:

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{36.575}{180} \\ P &= 197,6 \text{ W} \end{aligned}$$

Pôde-se, também, calcular o valor da transferência de calor por convecção para o fluido, desprezando a resistência térmica da parede da lata de alumínio. Para o cálculo do número de Nusselt, foi utilizada a Equação 3, sendo os valores $c(0,046)$, $n(1/3)$ e $m(0)$ tabelados para um cilindro, g igual à gravidade, o inverso da temperatura, a diferença de temperatura que a célula de Peltier pode produzir (60 °C), r o raio da lata (32 mm), a viscosidade (tabelada, igual a 1×10^{-6}), Pr o número de Prant (tabelado, igual a 7,02), H a altura da lata (120 mm). O coeficiente de convecção para a lata

em repouso foi calculado a partir da Equação 4, sendo k a condutividade térmica da água (0,597 W/m.K).

Eq. 3

$$Nu_{\delta} = c \left(\left(\frac{g\beta \Delta T r^3}{v^2} \right) Pr \right)^n \left(\frac{H}{r} \right)^m$$

$$Nu_{\delta} = 13,3$$

Eq. 4

$$h_m = Nu_{\delta} \frac{k}{r}$$

$$h_m = 248 \text{ W/m}^2\text{K}$$

A partir dos valores encontrados e da área externa A da lata (0,02412 m²), é possível encontrar a potência de refrigeração entre a parede da lata e o fluido, de acordo com as equações 5 e 6, considerando que a variação de temperatura entre a base de refrigeração e a lata irá variar entre 60 graus e 20 graus (início e final do resfriamento).

Eq. 5

$$P_r = A \times h_m \times \Delta T_{ml}$$

$$P_r = 0,02412 \times 248 \times 36,4$$

$$P_r = 217,8 \text{ W}$$

Eq. 6

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

$$\Delta T_{ml} = 36,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Pela Equação 7, é calculado o tempo necessário para resfriar uma lata.

Eq. 7

$$\Delta t_r = \frac{Q}{P_r}$$
$$\Delta t_r = 168 \text{ segundos}$$

O tempo calculado Δ atende os objetivos do projeto, sendo menor que o tempo estimado Δt igual a 180 segundos.

Nas figuras 2 e 3 é apresentado o funcionamento elétrico do equipamento em duas versões: na Figura 2, o super-refrigerador, que opera fazendo uso da célula de Peltier, utilizando microcontrolador do tipo Arduino como sistema de controle. No Quadro 1 estão apresentadas as especificações do minicontrolador do tipo Arduino. Na Figura 3, o super-refrigerador, que opera fazendo uso da célula de Peltier, utilizando microcontrolador comercial como sistema de controle.

Em ambos os sistemas, são utilizadas células de Peltier, um sensor para monitorar a temperatura da lata ou da base, *cooler* para resfriar a célula de Peltier, uma fonte de alimentação, um relé e um sistema de controle eletrônico.

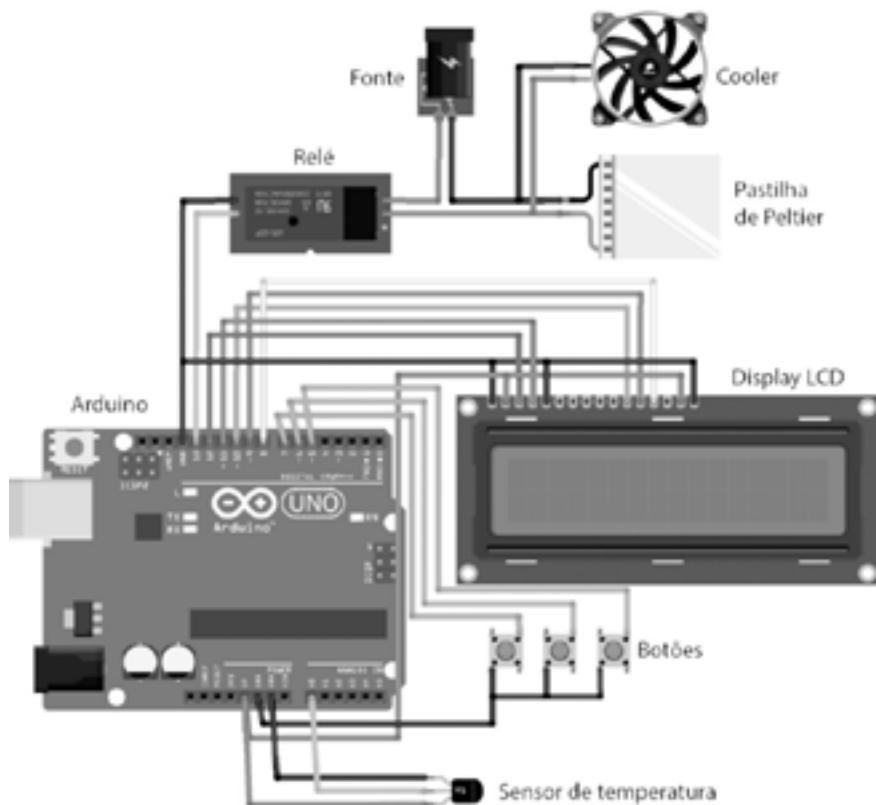


Figura 2. Esquema elétrico para o super refrigerador utilizando sistema de controle Arduino

Fonte: Elaborado pelos autores.

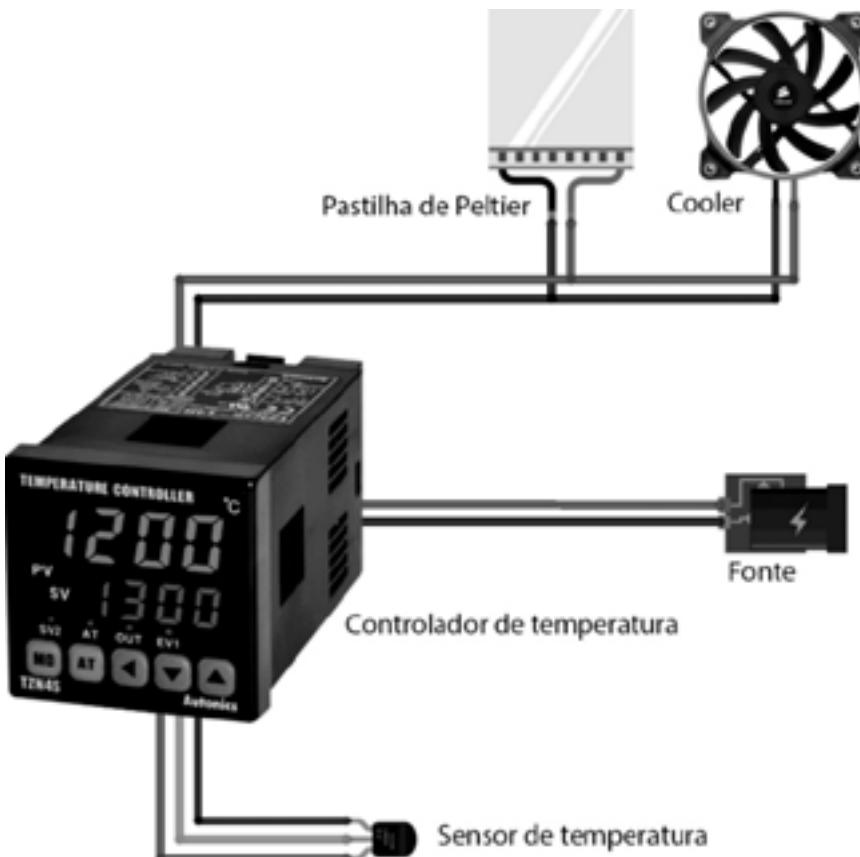


Figura 3. Esquema elétrico para o super-refrigerador utilizando sistema de controle comercial

Fonte: Elaborado pelos autores.

ESPECIFICAÇÕES	
Microcontrolador	ATmega 2560
Velocidade de Clock	16MHz
Pinos analógicos de entrada	16
Pinos de I/O Digital	54
Tensão de alimentação (recomendado)	7-12V
Tensão de alimentação (limites)	6-20V
Tensão de operação (nível lógico)	5V

Quadro 1. Especificações técnicas da placa Arduino Uno

Fonte: Elaborada pelos autores com base no site: docs.arduino.cc.

Um modelo 3D do sistema proposto fechado é apresentado na Figura 4 e em vista explodida na Figura 5, em que é possível observar a base na qual a lata será encaixada, a célula de Peltier, o isolante térmico, o dissipador e a ventoinha (*cooler*) para a refrigeração da célula de Peltier.

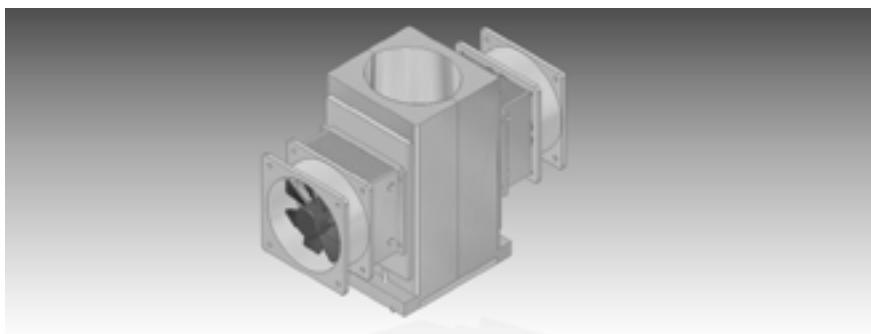


Figura 4. Modelo 3D da estrutura de transferência de calor do super-refrigerador

Fonte: Elaborado pelos autores.

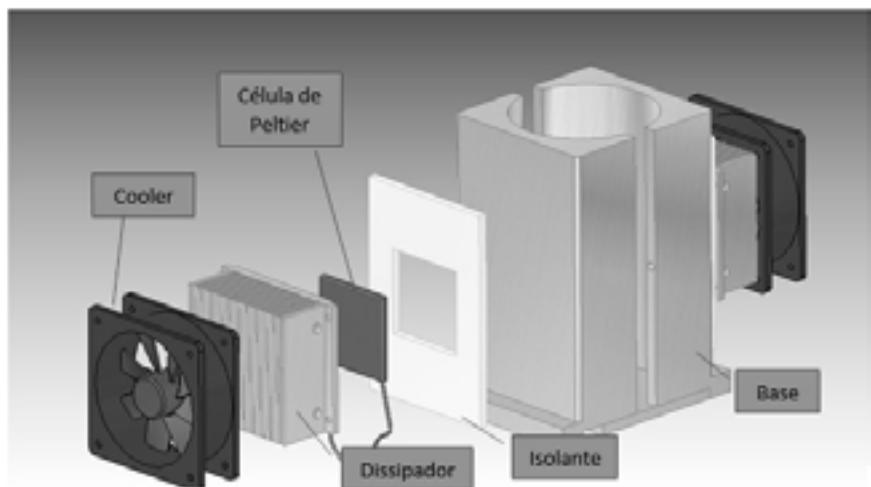


Figura 5. Vista explodida da estrutura de transferência de calor do super-refrigerador

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Estrutura de programação

De acordo com o site oficial, o ambiente de desenvolvimento do Arduino é elaborado em C++, fundamentado nas linguagens *Wiring*, *Processing* e em outros softwares de código aberto. Para compilar um programa é necessário ter um ambiente de desenvolvimento, neste caso, o Arduino IDE que é um aplicativo de computador com compilador integrado. Na prática, para testar o Arduino, a placa deve estar conectada a um terminal onde o código que está escrito será gravado.

Na Figura 6 é demonstrado parte do código utilizado para a programação da placa de Arduino para o sistema de refrigeração da lata com volumetria de 350 ml.



The screenshot shows the Arduino IDE 2.2.1 interface. The title bar reads "lcd | Arduino IDE 2.2.1". The menu bar includes File, Edit, Sketch, Tools, and Help. A toolbar with various icons is located above the code editor. The code editor window has a dark header bar with "lcd.ino" and "Select Board". The main area contains the following C++ code:

```
2
3 #include <OneWire.h>
4 #include <DallasTemperature.h>
5 #include <LiquidCrystal.h>
6 #define Luz_Fundo 10
7 #define cut 12
8
9 #define ONE_WIRE_BUS 11 // <<<< MUDAR
10 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
11 DallasTemperature sensors(&oneWire);
12 DeviceAddress sensor1;
13
14 LiquidCrystal lcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
15
16 bool btn_dir = false;
17 bool btn_esq = false;
18 bool btn_cim = false;
19 bool btn_bai = false;
20 bool luz = true;
21 int menu = 1;
22 int temp = 5;
23
24 void setup(){
25 lcd.begin(16, 2);
26 lcd.setCursor(0,0);
27 lcd.print("Sub0 Project");
28 lcd.setCursor(0,1);
29 lcd.print("Seja Bem Vindo");
30 Serial.begin(9600);
31 pinMode(Luz_Fundo,OUTPUT); //define o pino como saída
32 digitalWrite(Luz_Fundo,HIGH); // Liga a luz do display.
33 pinMode(out,OUTPUT);
34 digitalWrite(out,HIGH);
35 sensors.begin();
36 sensors.getAddress(sensor1, 0);
37 delay(2000);
38 lcd.setCursor(0,0);
39 lcd.print("          ");
40 lcd.setCursor(0,1);
41 lcd.print("          ");
42 }
43
44 void loop(){
45 }
```

Figura 6. Código para a programação da placa

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 2 tem-se a descrição da estrutura do código:

Comandos	Descrição
Bool btn	Tem as variáveis de bool – para salvar o estado do botão. Que são para os comandos.
Bool luz	é a luz do display.
Int menu	que salva os dados do menu que aparece no display.
Int temp	para salvar a variável temperatura.
Void setup ()	Inicia o LCD, coloca os pinos de saída, inicia o sensor de temperatura.
Void Loop ()	Faz a leitura dos botões e envia os dados para a tela (display).
Into botão	faz a identificação do botão do LCD que foi acionado e envia um valor analógico diferente, faz a comparação dos valores lidos na analogRead (0), faz a comparação de qual botão foi apertado, salva nas variáveis, else/if.
If(menu == 1)	onde se configurava em no máximo duas linhas que apareciam na tela do display a informação que se queria ver (mostrava o valor da temperatura desejada e os botões).
Int temper = realTemp()	set point da temperatura onde definia o valor da temperatura (valor de temperatura real lida instantaneamente).
If(menu == 3)	Configuração do menu 3. Quando termina o processo de refrigeração e alcança a temperatura real definida no menu 2.
Int realTemp()	variável para a leitura do sensor de temperatura. Ao solicitá-la, ela faz a leitura do sensor de temperatura e retorna o valor de temperatura medida.
Void esf()	mostra no display a variação de temperatura no momento em que está ocorrendo a refrigeração.
Boolean timer(...)	é um temporizador que usa a função em milissegundos onde faz a temporização para ligar e desligar.

Quadro 2. Descrição da estrutura do código

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o desenvolvimento do protótipo responsável pela refrigeração da bebida em lata, foi utilizado o esquema elétrico para o super-refrigerador por sistema de controle Arduino, devido ao seu baixo custo de aquisição, disponibilidade de mercado e facilidade de programação. Para esse sistema, foram utilizados os seguintes itens:

- 1 kit Arduino Mega 2560 R3;
- 2 Pastilhas Peltier de 266W;
- 1 Sensor de temperatura DS18B20 à prova d'água;
- 1 Display LCD 20x4 12C Blacklight Azul;
- 1 Fonte Stetsom Infinite 12V-60A-720W;
- 2 Coolers com ventoinha;
- 1 Tarugo de alumínio com 170 mm de comprimento x 81 mm de diâmetro;
- 1 Placa protoboard Prot-o-Labor PL551;
- 1 Kit de Jumper macho-macho e macho-fêmea.

5. Desenvolvimento experimental

O tempo gasto para refrigerar uma lata de 350 ml partindo de uma temperatura inicial = 25 °C para uma temperatura final = 4 °C foi de 360 segundos, não atingindo o valor calculado de 168 segundos. A Figura 7 mostra o produto desenvolvido em funcionamento. Foi necessário realizar mudanças na fase de execução devido à fonte não conseguir suportar a potência do Peltier e ter queimado e a ineficiência do par de cooler no resfriamento das células Peltier de 266W.

Foi feita a substituição das células Peltier de 266W por células de Peltier de 60W e da fonte Stetsom Infinite 12V-60A-720W por uma fonte chaveada Leboss 12V-20A-240W, o que foi suficiente para o seu funcionamento. A Figura 8 mostra a base do projeto refrigerada, confirmando sua funcionalidade de resfriamento.

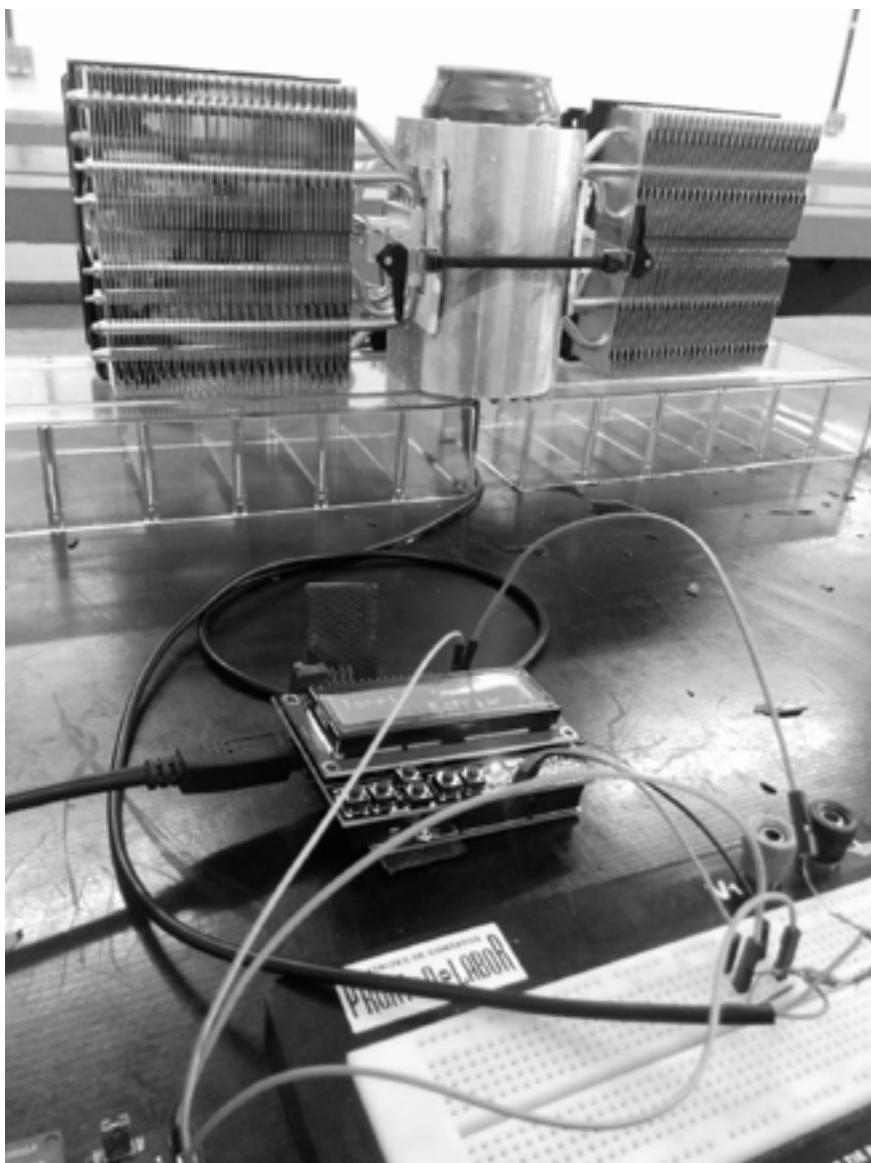


Figura 7. Equipamento em funcionamento

Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 8. Equipamento em funcionamento

Fonte: Elaborado pelos autores.

Considerações finais e aprendizados

Este capítulo demonstrou que, através do uso da plataforma Arduino, se faz possível uma experimentação criativa e eficiente de utensílios para o uso cotidiano. Por meio da integração da tecnologia Arduino obtém-se um controle preciso da temperatura, enquanto as células Peltier garantem um resfriamento rápido.

Este projeto não apenas demonstra a aplicação prática da eletrônica e da automação, mas também oferece uma alternativa acessível e personalizável para refrigerar bebidas, destacando o potencial da combinação de tecnologia e criatividade na busca por soluções práticas.

Em síntese, a elaboração deste super-refrigerador para bebidas em lata, com base na integração da placa de Arduino e células Peltier, evidencia uma aplicação inovadora no campo da refrigeração controlada.

Os resultados obtidos ao longo deste estudo não apenas validam a eficácia da tecnologia proposta, como também abrem perspectivas para futuras pesquisas e desenvolvimentos na otimização de sistemas refrigeradores personalizados.

Este trabalho destaca a interseção entre eletrônica, automação e sustentabilidade, oferecendo uma contribuição significativa para o avanço da ciência e o aprimoramento de soluções práticas na área de refrigeração.

Referências

BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. **Instrumentação e Fundamentos de Medidas**, volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

BANZI, Massimo. **Getting started with Arduino**. 2. ed. Sebastopol: O'Reilly, 2011

BARRETO NETO, Arlindo Garcia de Sá; LIMA, Antonio Marcus Nogueira. Projeto do sistema de controle de uma plataforma experimental para caracterização de sensores termoresistivos. In: CONGRESSO BRA-

SILEIRO DE AUTOMÁTICA – CBA, 16., 2006, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: UFBA, 2006.

CAVALCANTI, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Cae-tano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Bra-sileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 4503, 2011.

FRADEN, Jacob. **Handbook of Modern Sensors** – Physics, Designs, and Applications. New York (United States): Springer, 2003.

PRAVINCHANDRA, Thakkar Mohit. **Peltier Cooling Module**. 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3EBo09u>. Acesso em: 29 dez. 2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis, SC: UFSC, 2005.

5. ANÁLISE COMPARATIVA DA DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS DE ALTA EFICIÊNCIA NO MERCADO BRASILEIRO DE ARES- CONDICIONADOS

Marlette Nunes Gonzaga
Fabrício Carvalho Soares

Introdução

O cenário energético brasileiro e o consumo domiciliar

A demanda crescente por climatização artificial gera grande impacto sobre o sistema elétrico do país, elevando não apenas as necessidades gerais de energia, mas também a necessidade de geração e distribuição para atender a demanda nos horários de pico, adicionando maior impacto sobre o sistema energético nacional (EPE, 2018).

As residências brasileiras desempenham um papel central nesse cenário, representando uma parcela significativa do consumo energético nacional. No período entre 2000 e 2021, transformações significativas foram percebidas no cenário energético brasileiro, com mudanças notáveis no consumo e demanda de energia nos domicílios, como apresentado na Figura 1. Durante esse tempo, o consumo de energia por domicílio registrou uma queda de 9,5%, representando uma diminuição anual de 0,5% (EPE, 2022).

Em contrapartida, a demanda de eletricidade por domicílio aumentou em 18,3%, indicando um crescimento anual de 0,8%. Este cenário dinâmico foi influenciado por eventos cruciais, como o racionamento de energia elétrica em 2001, que não apenas alterou os padrões de consumo, mas também catalisou a adoção de medidas voltadas para a eficiência energética nas residências brasileiras (EPE, 2022).

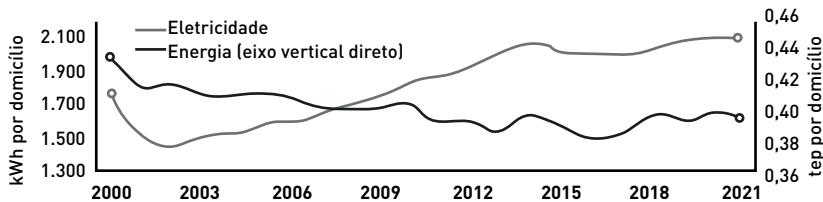


Figura 1. Evolução da demanda residencial elétrica e energética

Fonte: EPE (2022, p. 18).

Eficiência energética

Em busca da promoção da eficiência energética, o Brasil implementou programas importantes, sendo o Selo Procel um exemplo. Instituído em 30 de dezembro de 1985 (Brasil, 1985), o Selo Procel é coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e executado pela Eletrobras.

Entre os seus propósitos, está o de identificar os produtos que apresentam os melhores índices de eficiência energética em categorias específicas, incentivando assim um processo produtivo mais consciente e a aquisição de produtos mais eficientes (Brasil, 2023). Cada equipamento candidato ao selo é submetido a rigorosos ensaios em laboratórios indicados pela Eletrobras, e apenas aqueles que alcançam esses critérios são agraciados com o Selo Procel (Brasil, 2023).

Ademais, por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), os produtos são clas-

sificados em faixas coloridas que tratam sobre sua categoria de eficiência, variando de A (mais eficiente) a F (menos eficiente), conforme observado na Figura 2. Além do campo de classificação, há também um campo informando os valores representativos de consumo mensal de energia do produto, trazendo ainda, na parte inferior, assinaturas do Inmetro e do Procel (Inmetro, 2021).



Figura 2. Selo Procel e Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Fonte: Inmetro (2021).

Os condicionadores de ar

O setor de condicionamento de ambientes, em particular o uso generalizado de ar-condicionado, emergiu como um dos principais contribuintes para o consumo de energia elétrica no Brasil. Em dados de 2022 do Ministério de Minas e Energia, 17% das residências brasileiras tinham ar-condicionado (G1, 2022). Considerando o número aproximado de domicílios particulares permanentes no país de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),

pode-se calcular um número aproximado de mais de 12 milhões de domicílios que utilizam condicionadores de ar. Esse número obviamente aumenta se considerarmos também espaços e residências comerciais, universitárias e de outros tipos. Assim, um percentual total sugere um impacto considerável na demanda de energia elétrica, já que esses aparelhos são conhecidos por seu consumo energético.

O setor de condicionamento de ar é dividido em sistemas de expansão direta e indireta (Creder, 1997). Nos sistemas de expansão direta circula fluido refrigerante o qual realiza o processo de retirada de calor do meio que se quer resfriar. Nos sistemas de expansão indireta, é produzida água gelada pelos chillers e distribuída pelos equipamentos de tratamento do ar como fancoils e fancoletes. Nestes equipamentos existe uma serpentina, por onde circula a água fria, que é atravessada pelo ar a ser resfriado.

Entre os sistemas de expansão direta, os mais populares no Brasil são os do tipo janela e *split*. No entanto, os aparelhos de tipo janela, em particular, são conhecidos por causar desconforto acústico devido à disposição dos seus componentes.

Em resposta a essa preocupação, os fabricantes investiram em pesquisas para separar a unidade evaporadora da unidade condensadora, reduzindo assim o ruído gerado durante o processo de compressão. Essa inovação levou ao surgimento dos aparelhos do tipo *split* (Vargas; Mestria, 2015, p. 6).

Índice antigo (CEE)

O antigo índice CEE pode ser definido como a razão entre a capacidade de refrigeração do condicionador de ar, em watts (W), e o consumo total de energia pelo equipamento também em watts, medidos em plena carga, ou seja, na capacidade máxima de refrigeração do equipamento. O índice antigo CEE no ano de 2014 era 3,2 para classe A e em 2018 aumentou para 3,23, como pode-se observar nas figuras 3 e 4 respectivamente. Esse pequeno aumento no índice colaborou com a atualização e definição de classificação de alguns modelos e culminou na desqualificação daqueles que não atingiram tal patamar.

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Hi-Wall				
			Rotação Fixa	Rotação Variável			
A	3,20	<CEE	172	38,4%	178	94,2%	
B	3,00	<CEES	3,20	89	15,8%	7	3,7%
C	2,80	<CEES	3,00	170	35,9%	4	2,1%
D	2,60	<CEES	2,80	38	8,0%	0	0,0%
E	2,39	SCEES	2,60	4	0,8%	0	0,0%

Figura 3. Condicionadores de ar Split Hi-Wall em 2014

Fonte: Ence (2014).

CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL				Data atualização: 14/8/2018			
Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Hi-Wall				
			Rotação Fixa	Rotação Variável			
A	3,23	<CEE	390	42,5%	336	92,3%	
B	3,02	<CEES	3,23	192	19,8%	22	6,0%
C	2,81	<CEES	3,02	276	30,1%	6	1,6%
D	2,60	SCEES	2,81	70	7,6%	0	0,0%

Figura 4. Condicionadores de ar Split Hi-Wall em 2018

Fonte: Ence (2018).

A nova norma do Inmetro

Pela primeira vez em uma década, a Portaria nº 234, de 29 de junho de 2020, do Inmetro introduziu atualizações nas classes de eficiência dos equipamentos. Os novos critérios de análise para aparelhos de ar-condicionado representam uma colaboração internacional entre o Inmetro, Procel e diversas agências nacionais e internacionais de etiquetagem e eficiência energética (Brasil, 2020). A nova etiqueta de eficiência energética para condicionadores de ar passa a calcular o consumo de energia ao longo do ano, levando em consideração também os hábitos de consumo dos brasileiros em diferentes estações e condições climáticas (Inmetro, 2022/2023). Além disso, a nova etiqueta simplifica a identificação da eficiência dos produtos equipados com compressores do tipo *inverter*, uma tecnologia cada vez mais popular.

A eficiência energética de um condicionador de ar é definida por um novo indicador que determina a classificação dos aparelhos: o Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS), medido em Wh/Wh. O IDRS é utilizado para classificar o produto nas classes A a F, sendo A a classe mais eficiente e a F, a menos eficiente. Este índice é determinado pela razão entre a quantidade anual total de calor que o equipamento pode remover do ar interno quando operado para resfriamento no modo ativo e a quantidade anual total de energia consumida pelo equipamento durante o mesmo período, conforme definição da norma técnica ISO 16358-1:2013 (Inmetro, 2020).

Na nova metodologia para o cálculo do IDRS, o equipamento é submetido a três ensaios, sendo dois obrigatórios e o terceiro opcional. No primeiro ensaio, é medida a capacidade de refrigeração a 100%, com temperatura externa de 35 °C e temperatura interna de 27 °C. O segundo ensaio é feito com carga parcial a 50%, mantendo a temperatura externa de 35 °C e a interna de 27 °C. Já o terceiro ensaio é realizado com a carga parcial de 50%, temperatura externa de 29

°C e temperatura interna de 27 °C. Com base nos resultados obtidos nos ensaios de desempenho, o IDRS e o Consumo de Energia Anual devem ser calculados considerando a norma técnica ISO 60335-2-40 e a distribuição de *bins* de temperatura, apresentados na Figura 5.

Figura 5. Distribuição de bins de temperaturas externas para cálculo de consumo de energia anual

Fonte: Inmetro (2024).

O IDRS deve ser calculado utilizando os valores de capacidade de refrigeração medida nos ensaios (unidade expressa em Watt) e de potência elétrica medida nos ensaios, também em Watt. Os dados referentes aos ensaios podem ser adicionados em uma planilha interativa, construída com base na especificação da ISO 16358-1, possibilitando o cálculo automático do valor de IDRS. A Figura 6 mostra um recorte dessa planilha ISO, que pode ser encontrada no ISO Standards Maintenance Portal (ISO, 2024).

CSPF (at T1)			
Standard condition (35°C)			
	Capacity (W)	Power (W)	EER
Full	2,640	650	4,00
Half	1,319	255	4,63
Minimum			
Low Temperature Condition (29°C)			
	Capacity (W)	Power (W)	EER
Full			
Half			
Minimum	1,650	298	5,69
Low humidity and Cyclic condition (29°C)			
	Capacity (W)	Power (W)	EER
Half Dry Coil			
Half Cyclic			
Min Dry Coil			
Min Cyclic			

Figura 6. Planilha ISO para cálculo do IDRS

Fonte: ISO (2024)

A Figura 7 apresenta dados referentes à classe de eficiência energética para ar-condicionado modelo *split*, com prazo de adequação da sua eficiência seguindo a nova norma, para os anos de 2022 e 2025, respectivamente.

CONDICIONADORES DE AR SPLIT (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2022)	
CLASSE\$	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (Wh/Wh)
A	≥ 5,50
B	≥ 5,00
C	≥ 4,50
D	≥ 4,00
E	≥ 3,50
F	≥ 3,14

Tabela III. Classes de eficiência energética para condicionadores de ar tipo split (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2022)

CONDICIONADORES DE AR SPLIT (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2025)	
CLASSE\$	Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS (Wh/Wh)
A	≥ 7,00
B	≥ 6,00
C	≥ 5,30
D	≥ 4,60
E	≥ 3,90
F	≥ 3,50

Tabela IV. Classes de eficiência energética para condicionadores de ar tipo split (com prazo de adequação para fabricação e importação até 31/12/2025)¹⁰ (INR)

Figura 7. IDRS e classe de eficiência para ar-condicionado modelo *split*

Fonte: Inmetro (2024).

Essas novas definições e classificações começaram a ser implementadas em 2022, com aumentos progressivos nos limites mínimos de IDRS nos anos seguintes. A Portaria Inmetro nº 269, de 2021, estabeleceu os seguintes prazos para a nova etiquetagem: fornecedores puderam fabricar ou importar produtos com base no índice antigo (CEE) até o último dia do ano de 2022 e comercializar, até o dia 30 de junho de 2024 (Inmetro, 2022/2023). Com essas mudanças, espera-se que até 2025 os aparelhos da classe mais eficiente (A) sejam 108% mais eficientes do que os modelos que atualmente se encontram nesse patamar (G1, 2022). A medida

estabeleceu que, entre dezembro de 2022 e o final de 2028, serão adotados novos parâmetros do consumo energético, tanto ao fabricar quanto ao importar os aparelhos.

Ao adotar equipamentos mais eficientes, ocorre uma significativa economia de energia, evitando a necessidade de investimentos em novas capacidades de geração menos eficientes como termelétricas, por exemplo, o que é fundamental para uma melhoria da eficiência energética global (G1, 2022).

O problema

O presente estudo analisa a disponibilidade de equipamentos de alta eficiência no mercado brasileiro, destacando a evolução dos padrões de eficiência antes e após a implementação das normas, com foco especial nos sistemas de ar-condicionado. Nesse contexto, visa oferecer contribuições valiosas sobre o progresso e os desafios na promoção de tecnologias energeticamente eficientes no Brasil, contribuindo para futuras estratégias de eficiência energética e sustentabilidade.

O problema-chave do capítulo levanta o questionamento se houve, por parte do mercado, um progresso sustentável ao longo dos últimos anos ou se, em paralelo a aparelhos modernos cada vez mais inovadores do ponto de vista tecnológico, a eficiência identificada pelo Inmetro estagnou. Um aspecto crucial desta análise é a investigação anual dos índices EER dos produtos lançados, permitindo a identificação de padrões e tendências ao longo do tempo.

1. Metodologia

Para realizar uma análise abrangente da disponibilidade de equipamentos de alta eficiência no mercado brasileiro de ar-condicionado, foi adotada uma metodologia quali-quantitativa, que combina métodos

qualitativos e quantitativos na coleta, análise e interpretação dos dados. Esse enfoque permite uma visão mais completa do fenômeno estudado, englobando tanto o contexto quanto as estatísticas, o que enriquece a compreensão dos aspectos técnicos e de mercado.

Grácio e Garrutti (2005) defendem a necessidade de integrar a área da Educação com métodos quantitativos, pois isso proporciona uma compreensão mais abrangente e completa dos desafios encontrados na nossa realidade. Segundo os autores, “as análises quantitativas reforçam os argumentos e constituem indicadores importantes para avaliações qualitativas” (Grácio; Garrutti, 2005, p. 119). Esta visão é compartilhada por Gil (1999, p. 35), que afirma que “os métodos estatísticos oferecem um suporte significativo às conclusões alcançadas”, tornando-os amplamente aceitos entre os pesquisadores.

A principal fonte de dados para este estudo foi o levantamento anual dos índices de Eficiência Energética de Refrigeração (EER) dos produtos lançados, obtidos a partir de duas extensas e detalhadas tabelas do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Inmetro.

As tabelas fornecidas pelo Inmetro são organizadas em duas categorias: uma correspondente aos condicionadores de ar de índices antigos (CEE) e outra aos de índices novos (IDRS), uma vez que estão em etapa de transição para as novas etiquetas. Estas tabelas abrangem o período entre 2012 e 2023. A classificação dos produtos nessas tabelas foi essencial para compreender a evolução temporal dos padrões de eficiência energética dos aparelhos disponíveis no mercado.

1.1 Coleta e organização dos dados

As informações foram compiladas a partir das tabelas do PBE do Inmetro (Inmetro, 2023), detalhando os modelos, marcas, capacidades, e, de forma ainda mais crucial, os índices de EER dos condicionadores de ar lançados anualmente.

Uma distinção clara foi feita entre os índices novos e antigos, permitindo uma análise aprofundada das mudanças nas especificações de eficiência energética ao longo dos anos estudados.

1.2 Análise temporal dos EER

Os dados coletados foram então analisados para traçar a progressão temporal dos índices de EER dos produtos lançados. Esta análise permitiu identificar tendências anuais, destacando qualquer melhoria ou declínio na eficiência energética dos condicionadores de ar disponíveis no mercado brasileiro.

1.3 Comparação com normas regulatórias

Além da análise temporal, os índices de EER foram comparados com as normas regulatórias estabelecidas, oferecendo uma visão clara da conformidade dos produtos com os padrões governamentais. Esta comparação permitiu uma avaliação mais precisa da eficácia das normas existentes em incentivar o desenvolvimento e a disponibilidade de equipamentos de alta eficiência no mercado.

Assim, a utilização das tabelas detalhadas do PBE do Inmetro proporcionou uma base sólida para este estudo, permitindo uma análise robusta e confiável da evolução dos padrões de eficiência energética dos condicionadores de ar no Brasil entre os anos de 2013 e 2023.

2. Resultados

O levantamento anual do Índice de Eficiência de Energia (ERR) dos ares-condicionados lançados nas duas tabelas disponibilizadas pelo Inmetro de índices antigos (CEE) e novos índices (IDRS) identificou que os produtos com maior taxa de eficiência são os mais antigos, lançados antes de 2015.

A título de exemplo, em 2015, um dos condicionadores de ar com a maior eficiência era um *split hi-wall* da Daikin, com 3,98 de CEE (Inmetro, 2022, 2023). A partir dessa data, não se observa números superiores. Observa-se uma enorme quantidade (mais de 500 modelos) de equipamentos de diversas marcas com EER na taxa de 3,24 durante todos os anos que antecederam e sucederam o período de interesse (Inmetro, 2022, 2023).

2.1 Índices novos (IDRS)

Com a nova norma, mudou-se a forma de indexação das classificações por eficiência energética. O Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal (IDRS) tornou-se o novo critério para a classificação energética, substituindo o antigo Coeficiente de Eficiência Energética (CEE). No novo critério do Inmetro, para ser classificado como “A”, o produto precisa apresentar IDRS (e não mais CEE) mínimo de 5,5 a partir de janeiro de 2023 e de 7,0 a partir de janeiro de 2026, como já apresentado no texto.

Analizando a base de dados, nota-se que poucos modelos de condicionadores ainda superam as taxas esperadas. Por exemplo, 6 modelos da Daikin apresentaram IDRS de 8,30 em 2021, enquanto os melhores índices da década passada oscilam em torno de 5,50 e 7 (Inmetro, 2022/2023).

Os gráficos 1, 2 e 3 foram construídos considerando os dados que compõem as tabelas mais atuais do Inmetro, que incluem somente os dados de eficiência relacionados às classes A, B e C entre os anos de 2012 e 2023.

No Gráfico 1, tem-se uma análise da quantidade de modelos de ares-condicionados lançados por ano, em relação ao período de 2012 a 2018, considerando o índice antigo de eficiência CEE para classe A a partir de 3,2. Observa-se em 2012 e 2014, uma maior quantidade de aparelhos de ar-condicionado com índice inferior a

3,2 (classe C). Nos anos de 2015 e 2016, houve uma diminuição dessa quantidade e, em contrapartida, também foi observado um número maior de aparelhos de ar-condicionado dentro do parâmetro acima de 3,2 da classe A. Em 2017 foi observada uma quantidade de condicionadores de ar com índice acima de 3,2 bem inferior à observada nos anos anteriores, o que sugere uma dificuldade em atender o padrão de regulamentação nesse ano. Além disso, o ano de 2014 é o único ano que apresentou uma pequena parcela dos condicionadores de ar com índice CEE superior a 4.

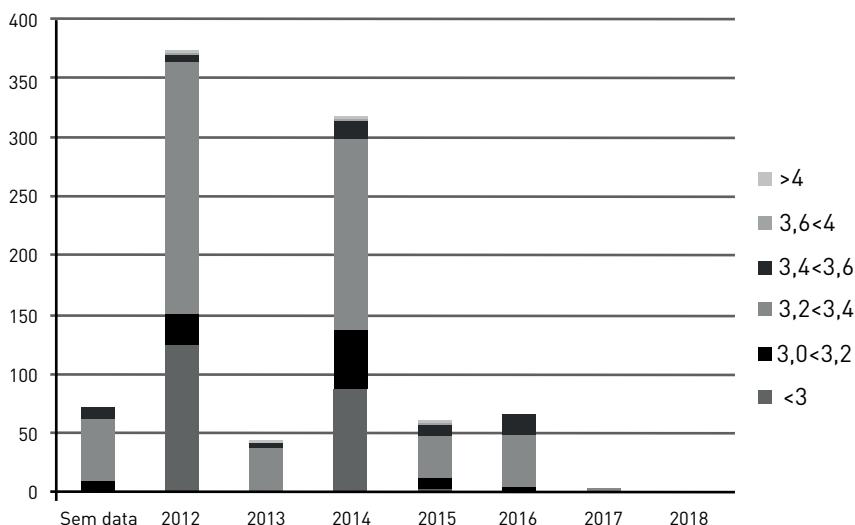


Gráfico 1. Condicionadores de ar versus EER, tabela de 2018

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O Gráfico 2 mostra o cenário com índice CEE acima de 3,23. Os anos de 2016 e 2017 apresentaram uma quantidade maior de modelos de ares-condicionados lançados com índice acima de 3,4. Os anos de 2017 e 2020 apresentaram uma pequena quantidade de ares-condicionados com índices acima de 4. Os dados também mostram que os poucos equipamentos com CEE superior a 3,6 em

2012 e em 2014 pelo Gráfico 1 não estão mais presentes no Gráfico 2, possivelmente retirados do mercado pelo fabricante.

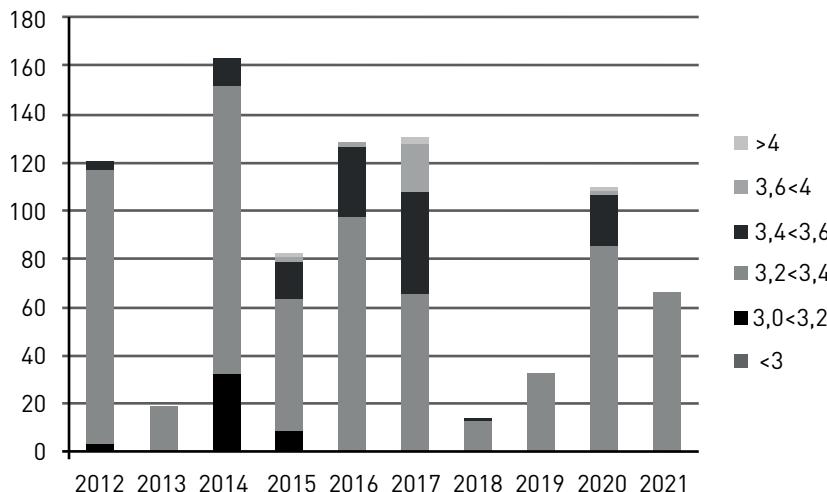


Gráfico 2. Condicionadores de ar *versus* EER, tabela de 2021

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O Gráfico 3 apresenta dados do Inmetro para o índice IDRS, considerando as classes A, E e F, sem informações de aparelhos nas demais classes na base de dados. Nota-se que, ao longo dos anos, a quantidade de aparelhos de ar-condicionado com índice acima de 5,5 (classe A) foi significativa, havendo lançamento de modelos com essa classificação na maioria dos anos da série histórica. O ano em que mais apresentaram índice IDRS superior a 8 foi 2021. Contudo, os dados também indicam que houve o lançamento de aparelhos com índice inferior a 4 (classe E) durante o período considerado, sendo isso mais expressivo em 2014 e 2022.

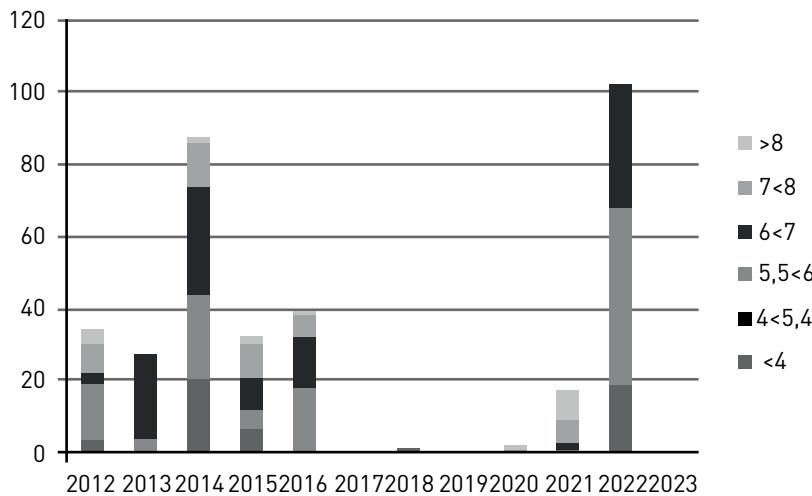


Gráfico 3. Análise da quantidade de ares-condicionados na classe A (índice acima de 5,5) para o IDRS

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Uma parte dos modelos foi testada tanto na metodologia antiga (CEE) como na metodologia sazonal (IDRS). Entre eles, alguns se mantiveram como classe A, porém outros serão classificados como classe E ou F pela nova metodologia, conforme mostrado na Figura 8.

Fornecedor	Marca	Modelo	CEE	Classe	IDRS	Classe
Daikin Ar Condicionado Brasil Ltda.	Daikin	FOQ30AVL	3,79	A	5,9	A
Daikin Ar Condicionado Brasil Ltda.	Daikin	FOQ35AVL	3,26	A	5,9	A
Daikin Ar Condicionado Brasil Ltda.	Daikin	FOQ42AVL	3,41	A	6,1	A
Daikin Ar Condicionado Brasil Ltda.	Daikin	FOQ49AVL	3,29	A	6,1	A
Simp TCL Indústria de Condicionadores de Ar S.A.	TCL	TAC-090HSA1	3,26	A	3,50	E
Simp TCL Indústria de Condicionadores de Ar S.A.	TCL	TAC-120HSA1	3,24	A	3,85	E
Simp TCL Indústria de Condicionadores de Ar S.A.	TCL	TAC-160HSA1	3,26	A	3,52	E
Simp TCL Indústria de Condicionadores de Ar S.A.	TCL	TAC-240HSA1	3,24	A	3,51	E
Whirlpool	Consel	CBN12CBRPA	3,26	A	3,16	F
Whirlpool	Consel	CBN09DBRPA	3,26	A	3,14	F

Figura 8. Análise comparativa entre CEE e IDRS de modelos de ares-condicionados

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

3. Discussão

A análise dos dados revela uma tendência intrigante no cenário de eficiência energética dos aparelhos de ar-condicionado no Brasil. Em relação à classificação pelo índice antigo (CEE), a quantidade de aparelhos que mudaram para classe A varia lentamente durante os anos. Para o novo índice IDRS, o cenário ainda é preocupante, visto que, apesar de ter apresentado aparelhos com índice 7 e acima de 8, ainda são poucos os modelos disponíveis no mercado com esse nível de eficiência. Se o novo índice 7 (IDRS a ser alcançado até o final de 2025 para classe A) fosse requerido para os dias atuais, ao analisar o Gráfico 3, constata-se que poucos modelos disponíveis no mercado atenderiam às especificações da norma, uma vez que a maioria dos aparelhos atuais apresenta um índice inferior a esse valor.

Esse nível de estagnação levanta questões intrigantes sobre a dinâmica do mercado de ares-condicionados no Brasil. É possível que, durante anos, as empresas tenham se concentrado em padrões mínimos de eficiência sem fazer avanços substanciais. Inclusive, pode-se observar que alguns dos equipamentos que apresentavam maior índice na tabela de 2018 (Gráfico 1) não estavam mais disponíveis na tabela posterior (Gráfico 2), provavelmente foram retirados do mercado devido à dificuldade do consumidor final diferenciar equipamentos com tamanha diferença de eficiência, porém estando ambos classificados como classe A pelo Selo Procel.

Com a introdução dos novos critérios, houve um salto notável, indicando não apenas uma resposta às regulamentações, mas também um desafio para as inovações tecnológicas. No entanto, desafios surgem à medida que os fabricantes buscam manter os custos acessíveis, já que o desenvolvimento de tecnologias mais modernas pode aumentar consideravelmente os custos de produção de novos equipamentos mais eficientes.

Os avanços feitos na direção de aumentar a eficiência energética dos equipamentos podem configurar uma oportunidade para os consumidores, que agora têm acesso a dispositivos que não apenas reduzem suas contas de energia, como também contribuem para a preservação ambiental. No entanto, a educação do consumidor será crucial para garantir que eles compreendam plenamente os benefícios desses aparelhos mais eficientes.

Em última análise, as novas regulamentações não apenas desafiam a indústria, mas também promovem uma mudança positiva em direção a um futuro mais sustentável e energeticamente eficiente no Brasil.

Conclusão

O uso crescente de condicionadores de ar no Brasil destaca a necessidade de implementar políticas de eficiência energética para lidar com a demanda em expansão. Segundo a EPE, estima-se que a demanda por eletricidade devido ao uso de condicionadores de ar pelas famílias pode crescer 5,4% ao ano e atingir 48 TWh em 2035. Em contrapartida a implementação de índices mínimos mais rigorosos pode reduzir o consumo de eletricidade de forma expressiva, podendo atingir 15 TWh em 2035, equivalente a uma usina de 3,5 GW (EPE, 2018).

As análises aqui apresentadas sugerem que a nova regulamentação do Inmetro promete exigir maior responsabilidade e inovação no setor de condicionadores de ar. O estudo apresentado aponta que com o antigo índice de eficiência (CEE), muitos equipamentos não atendiam às especificações exigidas na norma vigente anteriormente.

O estudo detalhado da disponibilidade de equipamentos de alta eficiência no mercado brasileiro de ares-condicionados nos anos 2013, 2015 e 2016 revelou um cenário complexo e, por vezes, preocupante, visto que não foi observado um aumento significativo da

quantidade de ares-condicionados de alta eficiência disponíveis no mercado (aproximadamente 5% apresentavam índice na classe A).

Ao se comparar os lançamentos de modelos de ares-condicionados por ano, como por exemplo, nos anos de 2013 e 2016, todos os equipamentos lançados pertenciam à classe A do antigo índice (CEE) selo Procel. Porém, com a nova metodologia (IDRS), a maioria destes equipamentos estarão na classe A somente na primeira fase (IDRS acima de 5,5). A partir da exigência de se atingir o IDRS igual ou superior a 7,0 para o equipamento ser classificado como A, nenhum dos modelos lançados em 2013 receberá tal classificação. De forma similar, a minoria dos modelos lançados em 2016 se manterá como classe A.

Os dados obtidos e mostrados sustentam a conclusão de que a indústria parece ter experimentado uma inovação estagnada após 2013, deixando de buscar melhorias significativas em eficiência energética para seus produtos devido ao baixo limite imposto para ser classificado como A.

Estas análises destacam a necessidade de se manter e aprimorar as normas e regulamentações existentes. As políticas públicas devem evoluir para incentivar a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias mais eficientes, além de estabelecer padrões ambiciosos para os fabricantes. Incentivos fiscais, subsídios para pesquisa e programas de educação para o consumo também podem desempenhar um papel crucial em promover uma mudança positiva.

De acordo com o professor Conrado Augustus de Melo, que tem ensinado e publicado trabalhos na área da energia elétrica e dos condicionadores de ar, as novas medidas do Inmetro impõem resultados que podem fazer com que o sistema elétrico nacional deixe de lançar na atmosfera cerca de 40 milhões de toneladas de gases de efeito estufa até 2040 (G1, 2022). A eficiência energética desempenha, portanto, um papel crucial na economia de energia e na sustentabilidade do sistema elétrico.

Por fim, os brasileiros enfrentam o desafio de exigir da indústria de condicionadores de ar no Brasil que transforme essa estagnação em um período de campanhas e esforços por sustentabilidade. A inovação não apenas beneficiará a economia do consumo, proporcionando opções mais baratas a médio e longo prazo, mas também contribuirá significativamente para a mitigação das mudanças climáticas e para a construção de um futuro energético mais sustentável para o país e o mundo.

Referências

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Portaria interministerial nº 1877 de 30 de dezembro de 1985**. Disponível em: <https://bit.ly/3CENUJ4>. Acesso em: 29 out. 2023.

BRASIL. Diário Oficial da União. **Portaria nº 234, de 29 de junho de 2020**. Disponível em: <https://bit.ly/4aHMMB7>. Acesso em: 28 out. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Procel - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. 2021, atualizado em 2023. Disponível em: <https://bit.ly/4hmfFVH>. Acesso em: 29 out. 2023.

CREDER, Hélio. **Instalações de ar-condicionado**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

ENCE. Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. **Selo Procel de Economia de Energia**. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/4hFfuon>. Acesso em: 15 ago. 2024.

ENCE. Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. **Selo Procel de Economia de Energia**. Disponível em: <https://bit.ly/3EiGrQD>. Acesso em: 15 ago. 2024.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. **EPE**, Imprensa/Notícias, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/410MRfJ>. Acesso em: 30 out. 2023.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Atlas da Eficiência Energética - Brasil 2022 - Relatório de Indicadores. **EPE**, 2022. Disponível em: <https://bit.ly/40NKgoa>. Acesso em: 27 out. 2023.

G1. Fabricantes terão novas regras para aumentar eficiência do ar-condicionado. **Jornal Nacional**, 6 maio 2022. Disponível em: <https://bit.ly/4hlOZ7z>. Acesso em: 29 out. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GRÁCIO, Maria Cláudia Cabrini; GARRUTTI, Érica Aparecida. Estatística aplicada à educação: uma análise de conteúdos programáticos de planos de ensino de livros didáticos. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 107-126, abr. 2005.

INMETRO. Ministério da Economia – Governo Federal. **Programa Brasileiro de Etiquetagem** – Conheça o Programa. Publicado em 12 abr. 2021. Disponível em: <https://bit.ly/4gxEwoq>. Acesso em: 29 out. 2023.

INMETRO. Ministério da Economia – Governo Federal. **Portaria nº 234, de 29 de junho de 2020**. Publicado em 1º jul. 2022. Disponível em: <https://bit.ly/4gtmL9G>. Acesso em: 5 jul. 2024.

INMETRO. Ministério da Economia – Governo Federal. **Condicionadores de ar**. Publicado em 30 jan. 2022 e arquivos com atualizações em 2023. Disponível em: <https://bit.ly/4gmRGVn>. Acesso em: 29 out. 2023.

INMETRO. Ministério da Economia – Governo Federal. **Conheça mais sobre a etiqueta do PBE**. Publicado em 12 abr. 2021, atualizado em 2 ago. 2024. Disponível em: <https://bit.ly/40QYt3Y>. Acesso em: 29 out. 2023.

ISO. **ISO 16358-1:2013 – Air-cooled air conditioners and air-to-air heat pumps: Testing and calculating methods for seasonal performance factors – Part 1**: Cooling seasonal performance factor. Disponível em: <https://bit.ly/3Eo32uV>. Acesso em: 11 out. 2024.

VARGAS, Murilo Cobe; MESTRIA, Mario. Eficiência energética em edificações residenciais: iluminação e refrigeração. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/4gqZSnh>. Acesso em: 30 out. 2023.

6. JUVENTUDES E MATERNIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

*Patrícia Regina Costa Santos
Matheus Faleiros Silva*

Introdução

O presente capítulo integra uma pesquisa mais abrangente denominada “Maternidade e experiência estudantil na EPT: vivências de alunas gestantes no IFMG *Campus Congonhas*”, a qual, atualmente, está em estágio de desenvolvimento no Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT). Este trabalho é fruto de investigações acerca das temáticas de “Juventude, Trabalho e Escola”. *A priori*, é possível que se iniciem reflexões acerca de como o entrelace dessas três palavras e de uma articulação bem-sucedida entre elas pode influenciar a vida dos jovens. Neste texto, parte-se do pressuposto e defende-se que a inserção e a presença de mulheres jovens nos espaços educativos fornecem condições basilares para que elas se emancipem, embora muitas delas precisem lidar com questões complexas, de natureza social e institucional, inerentes ao processo de maternidade.

Iniciando a discussão sobre a juventude, Dayrell (2007) afirma que a condição juvenil reflete mudanças no processo de socialização dos sujeitos, as quais afetam diretamente a relação desses indivíduos com instituições tradicionais, como a família e a escola. Segundo o autor,

os diferentes modos de ser jovem evidenciam transformações expressivas na maneira como a sociedade “molda” os sujeitos. Esse caráter múltiplo pode ser observado na realidade brasileira – que é desigual – pois alguns jovens têm o privilégio de se dedicarem exclusivamente aos estudos até a conclusão do ensino médio, enquanto outros, já nesta fase, precisam conciliar os estudos e o trabalho, ainda que domésticos, como cuidar dos irmãos mais novos para os pais trabalharem.

As funções domésticas, como cozinhar, lavar e passar, desempenham um papel importante no desenvolvimento de senso de responsabilidade e na autonomia dos jovens. Por isso, é essencial que essas tarefas sejam distribuídas de forma equitativa, independentemente do gênero. Não obstante, infelizmente, observa-se uma desigualdade significativa nesse aspecto. Como destacado por Corrochano (2014), na rotina diária de muitas jovens mulheres, principalmente as negras¹ ou aquelas das camadas de menor renda, o trabalho doméstico e o papel de cuidadora são responsabilidades assumidas desde cedo. Acerca disso, entende-se que as dificuldades para dedicação aos estudos são ainda maiores para essas jovens. Quando se pensam em mulheres mães ou que se tornam mães no ambiente educacional, vê-se que novos e complexos desafios se impõem, o que suscita a necessidade de debate acadêmico e político sobre o assunto.

Tanto os jovens que se dedicam exclusivamente aos estudos quanto aqueles que conciliam a vida acadêmica com outras ocupações enfrentam muitas incertezas ao se aproximarem da conclusão do ensino médio. Essa fase da vida é marcada por uma série de questionamentos relacionados ao prosseguimento dos estudos, envolvendo a decisão da área e da instituição educacional, e/ou ao ingresso no mercado de trabalho, lidando com o desafio de conseguir o primeiro emprego em

1. A categoria “negro” neste capítulo segue a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de autoidentificação étnico-racial, na qual as categorias preto e pardo, juntas, formam o que se denomina negro, do ponto de vista teórico.

um mundo, cada vez mais, competitivo e dinâmico. Além disso, há a pressão de equilibrar expectativas pessoais, familiares e sociais.

A criação e a expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica tem se mostrado um importante apoio para os jovens de todo o país. Isso pode ser justificado porque muitos não têm condições de pagar por um curso (técnico, superior, pós-graduação) particular ou de arcar com os custos de viver em outras cidades para estudar. Nesse contexto, a ampliação da rede federal trouxe oportunidades para esses jovens, permitindo que eles ingressem em uma instituição pública, com ensino gratuito. Vale salientar que a Educação Profissional e Tecnológica (EPT) proporciona não só uma formação geral, mas também técnica, que prepara os alunos para o mundo do trabalho, contribuindo para a melhoria de suas condições de vida e para o desenvolvimento econômico e social das regiões onde essas instituições estão inseridas (Pacheco, 2012).

Especificamente em se tratando do apoio às estudantes gestantes, foco de análise proposto neste capítulo, para que a rede cumpra fielmente o papel a que se propõe, é necessário um olhar crítico e sensível para esse público e o desenvolvimento de políticas que não somente incluam, mas que facilitem a permanência e formação dessas jovens. Sabe-se que mulheres jovens, ao ingressarem nos Institutos Federais, enfrentam dificuldades para conciliar a vida pessoal, o trabalho e os estudos. Somado a isso, quando se trata de estudantes que são mães ou que vivenciam a maternidade durante a formação acadêmica, as dificuldades tornam-se ainda maiores e mais complexas. Dessa forma, vale questionar que tipo de apoio essas alunas têm recebido. Ao final deste texto, encontra-se um relato de experiência demonstrando como a vivência na Rede Profissional acarretou um diferencial significativo em minha vida, mesmo passando pela maternidade durante o curso. Cabe ressaltar que a ausência de um protocolo bem-definido onde estudei dificultou o meu processo educativo e me fez refletir sobre a importância de um manual para o Ins-

tituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), com o intuito de auxiliar estudantes que se tornam mães no percurso acadêmico.

1. Escola, EPT e formação de jovens

A princípio, defende-se que a escola representa um espaço no qual o jovem tem contato com o mundo, deparando-se com novas realidades e formas de existência. Nesse ambiente, ele estabelece relações de afeto e de socialização, é (re)conhecido enquanto sujeito e se forma (é formado). Esse indivíduo passa, então, a fazer parte de uma comunidade fora de casa, e as interações que estabelece com pessoas, para além de seu núcleo familiar, contribuem para o seu desenvolvimento humano em termos sociais, políticos e intelectuais. Refletir sobre esse aspecto é uma ação imprescindível, visto que, segundo Abrantes (2003), no contexto moderno, a escola faz parte da realidade de jovens, e eles, mais do que ocupá-las fisicamente, ressignificam-na por meio da designação de significados a esse espaço.

Quando se trata da produção de sentidos, lida-se com formas plurais e subjetivas de representação da instituição “escola” e da própria educação, o que evidencia a necessidade de se entender “como”, “por quem” e “por que” esses significados são elaborados. Nos últimos anos, as escolas têm recebido um público cada vez mais diversificado, composto por indivíduos de diferentes origens sociais e econômicas. Sobre isso,

para os jovens, de acordo com suas pretensões e com os significados que atribuem à experiência escolar, ser aluno adquire uma graduação de importância diferente, indo de uma obrigatoriedade que se deve suportar até a possibilidade de usar a escola como um motor de projeção social posterior (Silva; Pelissari; Steimbach, 2013, p. 409).

Os significados da experiência escolar podem ser elaborados sob a influência do ambiente familiar e dos relacionamentos estabelecidos com colegas, professores e outras relações sociais. Além disso, as experiências pessoais ao longo da vida, bem como recursos e acesso à educação, podem impactar a valorização da escola.

Ao se discutir recursos e acesso, pode-se inferir que o ingresso na escola, em um contexto de mudanças tecnológicas, deve ser acompanhado de cuidados para se evitarem desinteresse e evasão dos estudantes. Conforme defendido por Silva (2015), a democratização recente das escolas brasileiras e o desenvolvimento massivo da tecnologia da informação e comunicação têm influenciado fortemente a visão de mundo dos jovens contemporâneos, em que os valores culturais juvenis de todos os grupos econômicos passaram a ser moldados pela cultura midiática global, enquanto as escolas que permanecem com medidas tradicionais não atendem às expectativas e acabam por distanciar os estudantes, acarretando evasão (abandono) escolar.

A evasão estudantil traz um forte impacto negativo em nossa sociedade, pois o jovem, ao deixar a escola, perde a oportunidade de adquirir conhecimentos para seu desenvolvimento pessoal e profissional. Dayrell (2007) afirma que espaços institucionais como a escola e o trabalho são importantes para a socialização dos jovens, uma vez que é por meio desse contato com os pares que os indivíduos têm suas necessidades de afeto, de identidade, de comunicação, de autonomia, dentre outras atendidas. O jovem que permanece no processo educacional até a conclusão do ensino médio se depara com a opção de ingressar no mercado de trabalho, enfrentando a dificuldade de conseguir o primeiro emprego ou de continuar os estudos.

Historicamente, o acesso prolongado à escolarização era um privilégio das classes mais favorecidas, enquanto as menos favorecidas tinham menos anos de estudo, pois eram obrigadas a trabalhar precocemente. Como argumentado por Rocha e Lima (2021), desde a sua gênese, a escola era restrita às classes mais privilegiadas, enquanto a

educação geral, isto é, para o trabalho era destinada às massas populacionais. Com base no exposto, pode-se refletir que existia uma segregação no campo educacional. Como proposta para a superação dessa dualidade, surge em 1909, durante o período republicano, a Educação Profissional e Tecnológica, através de dezenove Escolas de Aprendizes Artífices e passa a fornecer ensino profissional primário gratuito (Caires; Oliveira, 2016). As políticas públicas não eram adequadas para alcançar o objetivo estabelecido, exigindo várias alterações e fusões institucionais, o que culminou na última transformação da Educação Profissional e Tecnológica em 2008, quando parte da rede EPT foi elevada a Institutos Federais (Oliveira, 2020).

Silva, Pelissari e Steimbach (2013) destacam a necessidade de questionar a natureza da expansão do ensino técnico no Brasil promovida pelo poder público sobre o discurso da democratização. Segundo os autores, ele visa apenas ampliar o acesso ao ensino em sintonia com as demandas do mercado e do desenvolvimento, sem alterar a estrutura essencial da educação técnica ou abordar questões centrais para a educação formal, como o currículo, as perspectivas e expectativas dos estudantes, a cultura e a gestão da escola pública.

Em um cenário de muitas incertezas, constantes mudanças, globalização, desemprego, os jovens ingressam na educação técnica com o sonho de melhores condições de vida. Esses estudantes aspiram a obter uma formação que lhes permita buscar emprego e alcançar melhores condições de vida. Da mesma forma, os pais também acreditam que a educação abrirá caminhos para os filhos. Sales e Vasconcelos (2016) indicam que o acesso à educação formal não representa necessariamente ascensão socioeconômica diante das incertezas presentes no mundo contemporâneo, todavia é um possível caminho para alcançá-la.

Se se considerar a escola como um ambiente que contribui significativamente para o desenvolvimento formal, intelectual e social do indivíduo, pode-se afirmar que os jovens que adotam essa

perspectiva na construção de suas trajetórias de vida tendem a se sobressair em relação àqueles que a veem de maneira negativa. Conforme Abrantes (2003), para alguns jovens, a escolaridade é percebida como uma imposição ou violência, levando à resistência ou abandono, enquanto para outros é essencial na construção de suas vidas e identidades. Independentemente disso, a escola é uma instituição central para a estruturação da identidade da juventude, a qual será discorrida no tópico a seguir.

2. Juventude(s) nos Institutos Federais

Serão iniciadas as discussões relacionadas à juventude, buscando-se formas de defini-la. Acredita-se que essa escolha é pertinente, pois, por meio dela, serão traçados aspectos identitários vigentes nesse grupo. Assim sendo, Prates (2020) salienta que a noção de juventude não pode ser interpretada simplesmente como uma palavra que delimita um sujeito em uma fase específica da vida, diferenciando-o daqueles em outras fases. Complementando esse posicionamento teórico-conceitual, Ribeiro e Neder (2009) argumentam que a juventude é, essencialmente, um momento da vida em que ocorre um processo de mudanças (da infância para a vida adulta), exigindo amadurecimento e desenvolvimento da autonomia.

O processo de mudança da vida dos jovens é acompanhado de preocupações inerentes às questões existenciais que devem ser consideradas, uma vez que podem impactar o desenvolvimento do jovem. De acordo com Dayrell (2003), muitas imagens sobre a juventude influenciam nossa compreensão dos jovens, especialmente a visão da juventude como uma fase transitória, na qual o jovem é um “vir a ser”, perspectiva essa que tende a conceber a juventude negativamente, ignorando o presente vivido dos jovens como um espaço válido de formação. O mesmo autor pontua que, na escola, essa visão prevalece,

supervalorizando o diploma e os futuros projetos profissionais e acadêmicos, desconsiderando as questões existenciais dos jovens.

As questões existenciais que permeiam a realidade dos jovens são diversas e multifacetadas. Isso se deve ao fato de que esses jovens estão inseridos em um mundo marcado por variadas condições financeiras, convivendo em diferentes estruturas familiares e interagindo com distintas realidades sociais. Para Prates (2020), podemos reconhecer diversas maneiras de ser e viver a juventude na contemporaneidade, o que nos leva à expressão no plural que adotamos recentemente – juventudes. Sales e Vasconcelos (2016) adotam a perspectiva de juventudes – no plural – em virtude de sua heterogeneidade que manifesta de diversas formas, influenciadas por condições sociais, grupos, gêneros e espaços geográficos. Com a expansão da rede federal de ensino, um dos espaços que têm sido ocupados pelos jovens são os Institutos Federais de Ensino. Os Institutos Federais, conforme o artigo 2º da Lei 11.892, são instituições de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e multicampi, especializadas em educação profissional e tecnológica (Brasil, 2008).

Essas instituições têm recebido jovens trabalhadores de diversas classes e realidades sociais, mas parece que falta uma visão que destaque o jovem, o qual está em constante processo de formação e cujas especificidades devem ser reconhecidas. É fundamental enxergá-lo, além de números ou metas, como um ser humano que, mesmo quando não corresponde a padrões esperados institucionalmente, pode estar expressando questões psicológicas ou familiares. O jovem não chega até o Instituto Federal como uma folha em branco, ele carrega consigo uma bagagem de experiência. Conforme Dayrell (2007), na rotina escolar o jovem traz consigo suas diversas experiências sociais, que moldam sua condição juvenil e influenciam significativamente sua vivência e percepção da escola.

O jovem possui uma energia vital, uma visão de mundo, uma energia que o permite lutar pelos seus direitos, se organizar enquanto clas-

se. Na visão de Peralva (1997), por um lado, os adultos ainda enfrentam as consequências de um modelo de sociedade em deterioração, por outro, os jovens habitam um mundo transformado, contribuindoativamente para a construção de suas próprias categorias de entendimento. É comum se deparar no cotidiano com jovens que sabem o que quer, que lutam por seus direitos, por seus objetivos, jovens que querem seu lugar no mundo e que aliados a outros jovens vão aos poucos construindo seu espaço. As definições positivas do ser jovem dizem respeito à sua maturidade e ao seu crescimento, sendo construídos no dia a dia. Seu caráter humano sendo desenvolvido e sua capacidade de contribuir para o mundo sendo formada a cada dia.

Uma das formas de estímulo do desenvolvimento do jovem é por meio de práticas educativas no contexto educacional. Embora não seja uma garantia de melhores condições de vida, é um dos caminhos para tal. Conforme Sales e Vasconcelos (2016), embora pareça que melhor qualificação resulte em maior empregabilidade, desarticular as políticas de emprego e renda das políticas sociais é incoerente. Percebe-se, no entanto, que é comum entre as mulheres, desistência dos cursos em razão de dificuldades para conciliar os estudos e a maternidade.

Ao discorrer sobre o poder transformador da juventude, puderam ser refletidas panoramicamente, aqui, as dificuldades que as mulheres enfrentam a mais que os homens nas instituições de ensino e, ao mesmo tempo, o quanto elas podem contribuir para o mundo. A mulher mãe na EPT, mais especificamente nos Institutos Federais, tende a contribuir com o seu próprio crescimento, contribuir com a família e conceder apoio para a emancipação de seus filhos, dando continuidade a um ciclo de novos jovens que receberam apoio para o crescimento pessoal, acadêmico e profissional.

3. Maternidade estudantil como objeto de análise

Conforme discutiu-se anteriormente, a presença do jovem nos Institutos Federais não é garantia, mas um caminho para que ele adentre no mundo do trabalho. Conforme Corrochano (2014), o mundo do trabalho impacta significativamente a vida dos jovens, desde cedo, seja como realidade atual ou como plano para o futuro, em que eles são questionados sobre suas escolhas profissionais e frequentemente enfrentam a necessidade de trabalhar antes mesmo da idade permitida. A mesma autora, ao discorrer sobre os sentidos do trabalho, apresenta que, entre os jovens pobres, um dos sentidos concentra-se no apoio financeiro à família, a seguir, aponta que entre as mulheres principalmente, um outro sentido é a independência e, por fim, demonstra um último sentido que é a realização pessoal.

Entre a(s) juventude(s) – no plural – que se pode observar nos Institutos Federais, estão inseridas as mulheres que buscam se qualificar para a obtenção de emprego ou melhores condições de vida para si e suas famílias. Essas mulheres buscam e necessitam adquirir sua independência em termos financeiros, o poder de compra e o consumo e, mais do que isso, sentirem-se participantes ativas no mundo. Para Dayrell (2007), o jovem enfrenta uma inquietação ao se construir como aluno, um processo complexo influenciado por fatores externos (como o seu contexto social, familiar e de moradia) e internos à escola (como a infraestrutura e o projeto político pedagógico). Segundo o autor, na vida escolar, essa inquietude se manifesta não apenas como uma escolha entre ser jovem ou ser aluno, mas na ambiguidade de ser ambos simultaneamente, que é, por vezes, difícil conciliar. Pode-se acrescentar a dificuldade ainda maior de ser jovem, ser aluna, ser trabalhadora, ser mulher e ser mãe.

Nota-se que, a influência da escolha e valorização dos estudos para o jovem, muitas vezes, é alicerçada na família. Segundo Sales e Vasconcelos (2016), a família desempenha um papel crucial

como socializadora e reguladora de condutas; em geral, os jovens confiam mais em suas mães, que representam a figura mais relevante, centrada e equilibrada em sua formação dentro do núcleo familiar. Por meio desse aspecto, infere-se que é importante que as mães estudantes continuem no processo educativo e motivando/ influenciando seus filhos a acessarem à educação.

As mulheres têm conquistado um espaço cada vez mais significativo em todos os setores da sociedade, tornando-se participantes ativas no mundo do trabalho. No entanto, ainda enfrentam diversos desafios relacionados à igualdade de direitos. Elas frequentemente lidam com responsabilidades e tarefas tanto em seus lares quanto no ambiente de trabalho e, para que esses desafios sejam vencidos, é importante haver suporte das instituições de ensino e da legislação em termos de políticas de assistência à mulher, especialmente em casos de maternidade estudantil.

No IFMG, os documentos que regem o direito dos estudantes são o Regulamento de Ensino dos cursos técnicos e de graduação (resoluções nº 46 e nº 47). Como parte importante para os estudos neste tópico, ter-se-á como ponto de foco o capítulo V, que rege sobre o regime excepcional de estudos que é um direito concedido a estudantes afastados por período igual ou superior a quinze dias (o que contempla a licença maternidade). A forma de aplicação do regime fica a critério da instituição e as alunas precisam buscar a informação em um documento amplo ou por meio da comunicação verbal com servidores da instituição, além do que os benefícios a esse público são muito vagos.

Alguns avanços têm sido alcançados nesse sentido. O Senado aprovou, por intermédio de Projeto de Lei 1.741/22, a ampliação do prazo, por no mínimo 180 dias, para pais e mães estudantes concluírem curso superior e/ou pós-graduação, sendo que a prorrogação valerá para parto, nascimento da criança, de obtenção de guarda judicial para fins de adoção ou de adoção. Em se tratando

de casos de internação de filho por período superior a 30 dias, também valerá o direito à prorrogação por prazo igual, no mínimo, ao período de internação. A lei contempla também prazo de prorrogação para recebimento de bolsas formação ou de pesquisa, que inclusive, pode ter extensão pelo dobro do período caso a criança tenha alguma deficiência (Piovesan, 2023). Outra medida recente se trata da aprovação do PL 2.246/2022, que visa garantir a continuidade dos estudos para alunos impossibilitados de comparecer às aulas por tratamento médico ou condição de saúde. A proposta também beneficia mães lactantes e pais e mães estudantes com filhos de até 3 anos. O regime especial oferecerá classes hospitalares e domiciliares, com avaliações escolares com adaptações pedagógicas pertinentes (Agência Senado, 2024).

Para que as políticas não se limitem a meras palavras no papel, é necessário criar processos e orientações, além de divulgá-los dentro das instituições, garantindo sua implementação prática e beneficiando verdadeiramente as mães. Na perspectiva do acolhimento e da permanência das alunas gestantes na Educação Profissional e Tecnológica, o estudo sobre a maternidade estudantil é de suma relevância para que seja possível a compreensão das dificuldades enfrentadas pelas mães e proporem-se, de maneira crítica, ações institucionais voltadas para as necessidades observadas.

4. Relato de experiência

Com base em todas as discussões estabelecidas até o momento, proponho apresentar, de modo sucinto, um relato de minha experiência pessoal que ilustrará os aspectos refletidos anteriormente, ressaltando inseguranças no ensino médio, influência da família e de amizades nas escolhas acadêmicas/profissionais, descoberta de novas oportunidades, maternidade na EPT e inserção no mercado de trabalho. Sou Patrícia Regina Costa Santos, e minha trajetória

foi marcada pela transformação que o ambiente educacional me causou ao longo do meu percurso acadêmico. O apoio e os recursos oferecidos pela minha família e pelas instituições educacionais que frequentei foram cruciais para o meu desenvolvimento e para a realização dos meus objetivos, por isso defendo sempre a importância de um ambiente educacional acolhedor como meio para transformar vidas. Pode-se relacionar esse fato com a fala de Dayrell (2007) de que os valores e comportamentos assimilados dentro do ambiente familiar, por exemplo, são desafiados e comparados com outros valores e estilos de vida observados entre os grupos de amigos, na escola, nas mídias, entre outros contextos.

Durante o período em que eu frequentava o ensino médio, comecei a refletir sobre como prosseguir com meus estudos. Naquele momento, não exercia nenhuma atividade profissional e não possuía meios para me auxiliar em minha formação acadêmica, nem havia instituições de ensino superior públicas e gratuitas na minha cidade ou mesmo em cidades vizinhas. Nesse contexto, ao encontro do exposto por Silva, Pelissari e Steimbach (2013), é importante a análise dos diversos fatores e condições sociais que moldam a juventude contemporânea, especialmente as transformações no mundo do trabalho que são relevantes para o ensino médio, pois a profissionalização e o emprego são preocupações significativas para os jovens na última etapa da educação básica.

Fui informada de que a cidade de Congonhas receberia o Centro Federal de Educação Tecnológica de Ouro Preto (Cefet Ouro Preto), sendo contemplada com a fundação da primeira Unidade de Ensino Descentralizada. Concluí o ensino médio e decidi que, devido à possibilidade de obter um curso técnico gratuito, faria o exame de seleção para dar continuidade aos estudos. Seriam oferecidas três opções de cursos e optei por um deles seguindo a recomendação de uma amiga. Fiz a prova para o curso de Produção e fui aprovada. Ao concluir o curso técnico, uma infelicidade da época foi termos

enfrentado muitas dificuldades para conseguir estágio e emprego. Este exposto pode dialogar com Sales e Vasconcelos (2016) quando argumentam que o acesso a variados níveis de escolaridade aumenta as chances de empregabilidade, no entanto, não assegura a obtenção de emprego, pois, no atual modelo de desenvolvimento capitalista, não existem vagas suficientes para todos e muitos que obtêm qualificação ou atingem a idade para entrar no mercado de trabalho acabam excluídos.

Em razão da ordem econômica atual, assentada na exclusão, sem perspectiva de estágio ou de emprego na minha área de interesse e ainda sem possibilidade de arcar com os custos de um curso superior, decidi buscar por alternativas e trabalhei em uma loja de eletrodomésticos e em um Centro de Formação de Condutores. Nesse aspecto visualiza-se claramente os dizeres de Sales e Vasconcelos (2016), as quais argumentam que, atualmente, a carreira profissional de um jovem não segue mais uma trajetória linear preestabelecida, as oportunidades de inserção no mercado de trabalho são numerosas e diversas, permitindo que se possa exercer qualquer profissão e mudar de área e seguir um caminho diferente posteriormente.

Em 2009, fui informada sobre a abertura do bacharelado em Engenharia de Produção em Congonhas, preparei-me para o processo de seleção e fui aprovada. Durante o curso, dediquei-me intensamente e, apesar de uma gestação e do nascimento do meu filho no terceiro período, não enfrentei reprovações. O período de gestação foi marcado por medo e insegurança de como seria continuar os estudos após o nascimento do bebê. Mas enfrentei dificuldades ainda na gestação, não havia orientações escritas, um manual, que orientasse no sentido de direitos das gestantes, entrega de atestados, por sorte tive uma gestação bem tranquila. Todavia, enfrentei dificuldades como ter de solicitar a um colega que empurrasse o tampo da mesa que era acoplada à cadeira para que eu conseguisse me sentar em razão de a barriga estar grande. Ter de buscar informações sobre

entrega de atestado, direito a afastamentos e essas eram transmitidas apenas verbalmente, não conhecer os documentos que ditavam sobre meus direitos e não tive acesso a eles.

Quando meu filho nasceu, o semestre estava quase no fim, e eu já havia obtido notas suficientes para ser aprovada em todas as disciplinas. Mesmo durante a licença-maternidade, recordo-me de ter solicitado a um amigo de turma para me fornecer conteúdos e trabalhos a fim de que eu pudesse realizá-los e concluir as leituras necessárias. Lembro-me de ter realizado um trabalho importante para a disciplina de Cálculo Numérico enquanto amamentava meu bebê. Minha preocupação era que eu desejasse retornar aos estudos após as férias, mas meu bebê ainda estaria muito pequeno. No entanto, houve, nessa época, uma greve de três meses na rede federal. Isso contribuiu para que o meu retorno ao curso ocorresse de forma mais favorável tanto para mim, quanto para o meu bebê, pois uma das preocupações era que o ambiente escolar não era propício para que eu o levasse para assistir às aulas, não existia local para troca ou amamentação, se necessários. Após o término da greve, recebi grande apoio da minha mãe e do pai do meu filho nos cuidados com ele. Devido à minha responsabilidade como mãe de uma criança pequena durante o período de graduação, não pude participar regularmente de projetos e visitas técnicas, nem me candidatei a processos de tutoria. Apesar disso, sempre prestei auxílio aos colegas de classe em suas dificuldades, especialmente nas disciplinas que envolviam cálculos.

Ao longo da minha trajetória acadêmica, contei com o suporte necessário por parte de familiares e colegas de sala para lidar com as demandas relacionadas à maternidade e aos estudos. Esse apoio foi fundamental para que eu pudesse conciliar meus compromissos acadêmicos com as responsabilidades inerentes à criação de um filho. É importante destacar, no entanto, que esse apoio não deveria ser fruto de circunstâncias fortuitas ou ações isoladas. Defendemos aqui que o IFMG construa uma política institucional para atender

às necessidades das mães estudantes, junto com a gestão escolar, os professores e os discentes como um todo.

Apesar das dificuldades, por ter persistido e continuado no *Campus*, soube, em conversa com colegas da turma da Engenharia, de um concurso público do IFMG e despertei o desejo de realizar a prova, pois – embora estivesse me tornando engenheira de produção – queria continuar no ambiente escolar. Fiquei muito feliz ao receber um e-mail sobre meu interesse em ocupar uma vaga no *Campus* Congonhas, e prontamente aceitei. Ingressar como servidora no IFMG despertou diversas expectativas e proporcionou novas experiências. Desde então, concluí diversos cursos de curta duração, uma especialização em Gestão Educacional e Práticas Pedagógicas, e atualmente, sou mestranda no Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (ProfEPT).

Destaco, em minha vivência, a importância da família como orientadora e modelo, especialmente através das palavras da minha mãe. A ansiedade em prosseguir os estudos e conseguir um emprego sempre foi uma constante. A escolha do curso, que envolvia três opções, foi influenciada pela opinião de uma amiga, evidenciando a relevância das redes de apoio. A obtenção de um emprego foi resultado direto dos meus estudos. Todos os passos subsequentes na minha trajetória poderiam não ter sido dados se eu estivesse fora do ambiente educacional. Nesse ambiente, sempre fui cercada por pessoas apaixonadas pela educação, que me incentivaram a seguir em frente, mostraram-me oportunidades e, por isso, sou imensamente grata.

Considerações finais

Ser jovem nos dias atuais, em um cenário de grande diversidade de relações e constantes mutações políticas, sociais e tecnológicas, é desafiador. O jovem é moldado em parte pelo ambiente ao seu redor e pelas relações que estabelece ao longo da vida. Um dos am-

bientes que contribui significativamente para a formação e inserção do jovem no mundo do trabalho é a escola. Após a conclusão do ensino médio, para aqueles que desejam continuar os estudos e não possuem condições financeiras, a rede federal de ensino tem se mostrado crucial para promover a ascensão educacional e social.

Para que essa contribuição seja efetiva, é essencial que o jovem seja acompanhado durante todo o processo acadêmico, e não apenas focado no objetivo final, que é o título ou diploma. É necessário que cada particularidade seja considerada e que políticas sejam propostas para atender às expectativas e necessidades dos jovens. Conforme Silva, Pelissari e Steimbach (2013), os altos índices de evasão escolar demonstram uma necessidade de mudança para que a educação profissional ocorra com qualidade social.

No caso das jovens mulheres, uma das dificuldades encontradas para a continuação dos estudos é a maternidade. Conciliar a condição de ser jovem, estudante, muitas vezes, trabalhadora e mãe pode parecer uma missão impossível, mas com o apoio institucional adequado, representa um caminho viável para a ascensão social. Além disso, uma mãe que se qualifica contribui substancialmente para a formação de seus filhos e para a nova geração de jovens. Alguns avanços legislativos foram conquistados, mas é necessário que sejam dispostos nas instituições em um documento único que possa estar acessível, ser divulgado de forma clara, para que os estudantes tenham conhecimento de seus direitos e possam lutar por eles, evitando que tais avanços permaneçam apenas no papel.

Referências

ABRANTES, Pedro. Identidades juvenis e dinâmicas de escolaridade. **Sociologia, problemas e práticas**, n. 41, p. 93-115, 2003.

AGÊNCIA SENADO. Vai a Plenário regime especial para aluno em tratamento ou com filho pequeno. 2024. Disponível em: <https://bit.ly/40MDM8Z>. Acesso em: 15 jul. 2024.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras provisões. Brasília, 29 de dezembro de 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3hGH8VL>. Acesso em: 13 jul. 2024.

CAIRES, Vanessa Guerra; OLIVEIRA, Maria Auxiliadora Monteiro. **Educação profissional brasileira:** da colônia ao PNE 2014-2024. Petrópolis: Vozes, 2016.

CORROCHANO, Maria Carla. Jovens no ensino médio: Qual o lugar do trabalho? In: DAYRELL, Juarez; CARRANO, Paulo; MAIA, Carla Linhares (orgs.). **Juventude e ensino médio:** sujeitos e currículos em diálogo. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014, p. 205-228.

DAYRELL, Juarez. O jovem como sujeito social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 24, p. 40-52, 2003.

DAYRELL, Juarez. A escola “faz” as juventudes? reflexões em torno da socialização juvenil. **Educ. Soc.**, Campinas, v. 28, n. 100 - Especial, p. 1105-1128, 2007.

IFMG. Resolução nº 46 de 17 de dezembro de 2018. Dispõe sobre o Regulamento de Ensino dos Cursos de Educação Profissional Técnica de Nível Médio do IFMG. Disponível em: <https://bit.ly/3CrNpCd>. Acesso em: 12 jul. 2023.

IFMG. Resolução nº 47 de 17 de dezembro de 2018. Dispõe sobre o Regulamento de Ensino dos Cursos de Graduação do IFMG. Disponível em: <https://bit.ly/3CrNpCd>. Acesso em: 12 jul. 2023.

OLIVEIRA, Pablo M. Tão antiga, tão nova: breves notas para uma história da Educação Profissional no Brasil. In: OLIVEIRA, Adilson *et al.* (orgs.). **Educação Profissional e Tecnológica no Brasil:** da história à teoria, da teoria a práxis. Curitiba: CRV, 2020, v. 1, p. 45-66.

PACHECO, Eliezer (org.). **Perspectivas da Educação Profissional Técnica de Nível Médio** – Proposta de Diretrizes Curriculares Nacionais. Brasília/São Paulo: Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica do Ministério da Educação – Setec/MEC, 2012.

PERALVA, Angelina Teixeira. O jovem como modelo cultural. **Revista Brasileira de Educação**, n. 5/6, p. 15-24, 1997.

PIOVESAN, Eduardo. Câmara aprova prazo maior para pais e mães estudantes concluírem curso superior. Câmara dos **Deputados**, 2023. Disponível em: <https://bit.ly/4aO6rPM>. Acesso em: 15 jul. 2024.

PRATES, Daniela Medeiros de Azevedo. (Re)abindo a cena: juventude(s), emergências, convergências e dispersões. In: GARBIN, Elisabete Maria; PRATES, Daniela Medeiros de Azevedo (orgs.). **Juventudes contemporâneas**: emergências, convergências e dispersões. 1. ed. Porto Alegre: Editora CirKula, 2020, p. 171-204.

RIBEIRO, Rosana; NEDER, Henrique D. Juventude(s): desocupação, pobreza e escolaridade. **Nova Economia**, Belo Horizonte, n. 19, p. 465-506, 2009.

ROCHA, Lorenna Pinheiro; LIMA, Maria Celina Peixoto. A Juventude En-Cena na Escola: a educação no encontro com a cidade. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 46, n. 1, e109163, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-6236109163>.

SALES, Celecina Veras; VASCONCELOS, Maria Aurilene de Deus Moreira. Ensino Médio Integrado e Juventudes: desafios e projetos de futuro. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 41, n. 1, p. 69-90, 2016.

SILVA, Maciel Pereira da. Juventude(s) e a escola atual: tensões e conflitos no “encontro de culturas”. **Rev. Ed. Popular**, Uberlândia, v. 14, n. 1, p. 46-59, jan./jun. 2015.

SILVA, Monica Ribeiro da; PELISSARI, Lucas Barbosa; STEIMBACH, Allan Andrei. Juventude, escola e trabalho: permanência e abandono na educação profissional técnica de nível médio. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 403-417, 2013.

7. MODELO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS DE UMA OPERAÇÃO DE EMPILHAMENTO DE REJEITOS A SECO

Frederico Teixeira Villela Araújo

Sílvia Maria Santana Mapa

Aldrin Gustavo Martins

Introdução

Os recentes desastres ambientais no Brasil impulsionaram regulamentações, como a Resolução Conjunta Semad/Feam nº 2.784 e a Resolução ANM nº 13, que determinam a desativação de barragens alteadas a montante, incentivando a busca por alternativas para a disposição de rejeitos. Nesse contexto, o empilhamento de rejeitos filtrados a seco desponta como uma solução promissora, apesar de seus desafios técnicos e econômicos. Estudos, como o realizado na mina de Pau Branco, destacam a necessidade de garantir teores de umidade adequados para evitar instabilidades e riscos, além de demandarem investimentos em infraestrutura e mudanças operacionais significativas (Gomes; De Tomi; Assis, 2016).

O empilhamento a seco inicia-se com a filtragem de rejeitos, utilizando equipamentos como filtros prensa, seguido do transporte e compactação para formar pilhas densas e estáveis. Apesar do termo “seco”, os rejeitos mantêm certa umidade e precisam ser compactados para garantir a estabilidade (Davies, 2011). Estudos apontam que a umidade dos rejeitos filtrados frequentemente supera a umidade ótima para compactação, exigindo processos adi-

cionais de secagem antes da formação de novas camadas. Contudo, no Brasil, ainda faltam normativas específicas para regulamentar as condições seguras dessas pilhas, destacando a necessidade de pesquisas para otimizar essas operações.

A simulação de eventos discretos (SED) tem se mostrado uma ferramenta valiosa para a análise e otimização de processos na mineração. Essa abordagem permite o dimensionamento de frotas e a identificação de gargalos operacionais, analisando variáveis como capacidade de carga e eficiência de equipamentos. Estudos demonstram que a simulação facilita a comparação de cenários e alternativas tecnológicas, auxiliando na redução de custos e aumento da produtividade (Dendle; Isokangas; Corry, 2022). Sua aplicação também permite testar condições externas, como impacto de chuvas ou falhas em equipamentos.

Exemplos de aplicação incluem a pesquisa na mina de El Teniente, onde o software Arena® foi utilizado para prever o desenvolvimento de operações e identificar limitações nos planos de construção devido a práticas operacionais inadequadas. O estudo demonstrou que ajustes em manutenção e planejamento podem melhorar significativamente o desempenho operacional (Soto; Anani; Córdova, 2022). Outro exemplo é a simulação aplicada por Rodovalho (2013), que utilizou regressões lineares e o software Arena® para melhorar planos de lavra de curto prazo, aumentando a confiabilidade das operações com dados reais e simulados.

Este capítulo foca especificamente o processo de empilhamento de rejeitos de minério de ferro, utilizando o software Arena®, com o objetivo de validar o modelo computacional de acordo com as práticas operacionais reais da mineradora. A coleta de dados sobre produção, capacidade e fatores externos, como chuvas e falhas, permitiu a criação de um modelo representativo e abrangente. Assim, a pesquisa busca contribuir para a sustentabilidade da mineração ao

otimizar práticas operacionais, reforçando a importância da simulação como ferramenta para a análise e implementação de melhorias.

1. Metodologia

1.1 Mapeamento do processo

O software Arena[®], desenvolvido pela Rockwell Automation, é uma ferramenta avançada amplamente utilizada para simulação de eventos discretos em diversas indústrias, incluindo mineração, manufatura e logística. Ele oferece uma interface gráfica robusta e baseia-se no sistema Siman/Cinema, proporcionando uma ampla variedade de módulos e *templates* para modelagem de processos complexos de sistemas reais.

A metodologia adotada neste estudo envolve a simulação detalhada da operação de manejo e empilhamento a seco de rejeitos de minério de ferro. Para modelar conceitualmente o fluxo do processo, foi empregada a ferramenta “Activity Cycle Diagrams” (ACD), conforme Figura 1.

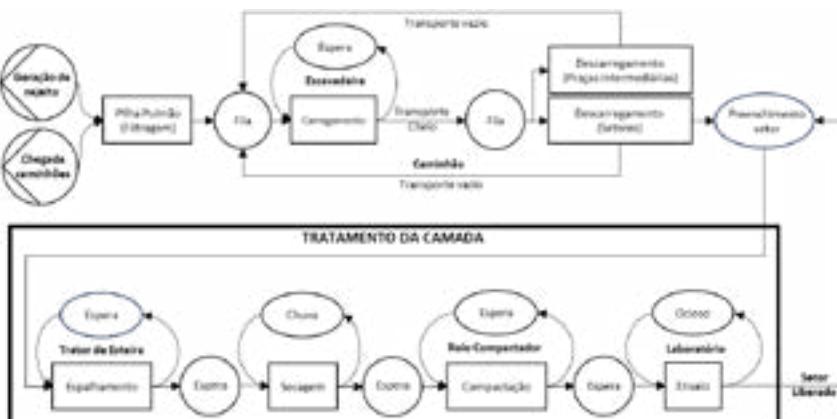


Figura 1. Diagrama ACD do Empilhamento de Rejeitos

Fonte: Os autores.

O ciclo de empilhamento de uma nova camada inicia com a filtração do rejeito, separando o material sólido da água. O rejeito, com teor de umidade elevado, é transportado por correias até uma pilha pulmão, onde é carregado por escavadeiras. A área de disposição é dividida em locais denominados de setores para os quais os caminhões transportam o material priorizando a menor distância média de transporte. No cenário em que todos os setores estão indisponíveis, o material é temporariamente estocado em locais denominados de praças intermediárias.

Após o preenchimento do setor, o material é espalhado por um trator de esteira e, em seguida, passa pela secagem até atingir 15% de umidade. A compactação é feita com um rolo compactador e o laboratório de controle tecnológico coleta amostras para verificar o grau de compactação e a umidade. Se os resultados forem satisfatórios, a camada é liberada para o alteamento, caso contrário, a camada é reaberta para continuar o processo de secagem e compactação.

1.2 Coleta de dados

Para simular cada fase da operação, é necessário utilizar dados que se aproximem das taxas e tempos reais necessários para a conclusão de cada atividade. Para tal, os dados operacionais referentes aos caminhões foram obtidos por meio de um sistema de telemetria da mina, que utiliza o software EasyMine. Este sistema de telemetria fornece informações detalhadas e em tempo real sobre a operação dos equipamentos de transporte, incluindo velocidade média, tempos de carregamento, manobra e basculamento. Os dados foram submetidos a um rigoroso processo de filtragem e análise para assegurar a sua consistência e adequação ao modelo de simulação, passando por etapas de limpeza e transformação para formatos apropriados à análise no Arena®.

A disposição de rejeito é realizada na área delimitada pelo licenciamento ambiental para implantação das pilhas de rejeito, o qual é setorizado em diferentes praças destinadas à disposição. Foi realizado um levantamento detalhado das áreas e distâncias de cada setor, já que possuem diferentes geometrias e distâncias em relação à praça da filtragem onde é produzido o rejeito, possibilitando calcular o tempo de transporte com base nos dados de velocidade dos caminhões.

Para os equipamentos de infraestrutura, como o trator de esteira John Deere modelo 850J e o rolo compactador da fabricante Sany modelo SSR120C-10, foram empregadas as taxas de produção especificadas nos manuais. Esses dados foram integrados ao modelo de simulação para representar as capacidades de produção desses equipamentos e obter as estimativas de tempo das operações de espalhamento do material e compactação.

A secagem do rejeito é a etapa que demanda mais tempo dentro do ciclo de empilhamento, e este processo é diretamente dependente das condições meteorológicas. Esse processo é otimizado por meio do uso de tratores agrícolas que realizam a aração da camada, aumentando a área superficial exposta e trazendo os materiais ainda úmidos para a superfície. No modelo, foi utilizada a taxa média de perda diária de umidade em dias sem chuva, o qual foi obtida com base em um histórico de ensaios diários de umidade realizados pelo laboratório de controle tecnológico.

1.3 Módulos do Arena®

Para modelar o fluxo da operação de empilhamento, foram utilizados diversos módulos do software, incluindo:

Entity: Representa elementos processados ou movimentados na simulação, como clientes, equipamentos ou materiais. Vários tipos de entidades podem coexistir no mesmo modelo.

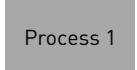
Attribute: Armazena informações e características específicas de cada entidade, sendo usadas e atualizadas em diferentes módulos.

Resource: Representa os recursos necessários para executar processos, como máquinas ou trabalhadores, e define sua capacidade, custo, disponibilidade e falhas.

Variable: Armazena valores usados em cálculos e decisões, com a possibilidade de alteração durante a simulação.

Failure: Gerencia falhas e interrupções em recursos, permitindo modelar eventos de parada e reparo.

Esses módulos são essenciais para definir as características, lógicas e dados do processo de empilhamento na simulação, conforme detalhado a seguir.

Módulos	Funcionalidades
	Ponto inicial para a criação de entidades em um modelo de simulação. As entidades podem ser geradas de acordo com uma programação ou com base no intervalo de tempo entre chegadas.
	Atribui novos valores a variáveis, atributos de entidades, tipos de entidades, imagens de entidades ou outras variáveis do sistema.
	Este módulo executa o processamento principal da simulação, permitindo capturar e liberar recursos, além de definir submodelos com lógicas personalizadas. Ele registra o tempo e custos das entidades e exibe animações do processo e das filas quando necessário.
	O módulo <i>Delay</i> atrasa uma entidade por um tempo calculado, classificando esse período e podendo atribuir os custos correspondentes ao processo.
	Utilizado para tomada de decisões na simulação, com base em condições ou probabilidades, e define múltiplos caminhos de saída para as entidades.
	Mantém entidades em espera por um sinal, uma condição ou indefinidamente.

 Search 1 Found  Not Found	Busca em filas, grupos ou expressões para encontrar entidades ou valores que atendam a uma condição especificada. O valor da variável global J é atualizado durante a busca, e a busca termina quando a condição é satisfeita ou o limite é alcançado. Caso não haja entidades ou a condição não seja atendida, J é definido como 0.
 Separate 1	Atribui novos valores a variáveis, atributos de entidades, tipos de entidades, imagens de entidades ou outras variáveis do sistema.
 Dispose 1	Destino final para as entidades em um modelo de simulação. Antes de serem removidas, é possível registrar estatísticas sobre as entidades.

Quadro 1. Descrição das funcionalidades dos módulos de fluxograma

Fonte: Automation (2022).

O modelo de simulação foi então modelado no software Arena®, configurando-se o esquema operacional e definindo-se a lógica do problema com base nos dados coletados. Essa abordagem metodológica proporciona uma base sólida para a análise e otimização das operações de manejo e empilhamento de rejeito de minério de ferro, visando melhorias significativas na eficiência e na sustentabilidade operacional.

2. Resultados

2.1 Input Analyser

O *Input Analyser* é uma ferramenta do software Arena® que permite analisar os dados e obter parâmetros para serem utilizados no modelo de simulação. Esta ferramenta possibilita a compilação de informações resumidas sobre os dados, resultados estatísticos do teste de aderência, gráfico da distribuição de melhor ajuste sobreposto a um histograma, além de expressões e parâmetros da distribuição de melhor ajuste (Agyei; Kateng, 2023). Nesse sentido,

por meio da base de dados levantada dos equipamentos e processos, foram obtidos os parâmetros e expressões como dados de entrada dos módulos do Arena®, conforme apresentado no Quadro 2.

Processo	Unidade	Expressão
Manobra	Horas	LOGN(0.0166, 0.00738)
Carregamento	Horas	LOGN(0.0351, 0.0128)
Descarga	Horas	LOGN(0.0232, 0.0115)
Velocidade Cheio	km/h	NORM(12.7, 3.82)
Velocidade Vazio	km/h	9 + 12 * BETA(1.35, 1.33)
Umidade	%	14 * BETA(8.4, 8.61)

Quadro 2. Análises Estatísticas dos Processos

Fonte: Os autores.

2.2 *Fluxograma*

O fluxo desta operação pode ser dividido em três macroprocessos, sendo estes: Geração e carregamento de rejeito; Ciclo de transporte; e Tratamento da camada.

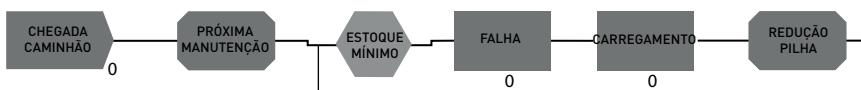
2.2.1 *Geração e carregamento de rejeito*

Precedentemente ao início do fluxograma principal da operação, foi necessário elaborar um subprocesso para gerenciar o volume de rejeito produzido no modelo (Figura 2). Neste subfluxograma é gerada uma única entidade que por meio de um módulo de *Delay*, a cada 20 minutos percorre um ciclo no qual é processada por um módulo *Assign* chamado “INCREMENTO MASSA”, esta atualiza o valor de uma variável denominada “massa_rejeito” responsável por controlar a massa em estoque na pilha pulmão da Filtragem. Deste modo, este subprocesso simula as bateladas de produção de rejeito em uma planta de filtragem.

**Figura 2. Ciclo de geração de rejeito**

Fonte: Os autores.

O fluxograma principal se inicia com uma geração única de entidades que neste primeiro estágio representam os caminhões responsáveis pelo transporte de rejeito para os setores das pilhas (Figura 3). Após a geração das entidades, estas irão entrar em ciclo contínuo, representando o ciclo operacional dos caminhões iniciando pelo carregamento. Assim, após uma entidade passar pelo processo de CARREGAMENTO, em sequência ela é processada por um módulo *Assign*, que manipula a variável “massa_rejeito”, debitando o valor carregado pelo caminhão. Para garantir que a pilha pulmão possua uma massa mínima para o carregamento de um caminhão, o qual representa um valor de 60 toneladas, foi implantado um módulo *Hold* que estipula essa condicional, garantindo que as entidades (caminhões) permaneçam em espera caso esta condição não esteja satisfeita.

**Figura 3. Processo de carregamento e das lógicas de manutenção dos caminhões**

Fonte: Os autores.

Nesse fluxograma foram definidas as lógicas de manutenção dos caminhões. Para isso, foram utilizados os valores históricos médios dos indicadores MTBF (*Mean Time Between Failures* - tempo médio entre falhas de um equipamento) e MTTR (*Mean Time To Repair* - tempo médio necessário para reparar um equi-

pamento após uma falha). Por meio de uma variável, é definido quando será a próxima falha através de uma distribuição estatística exponencial com média o valor do MTBF. Já no módulo FALHA é um submodelo no qual é feita a verificação se o tempo de execução do modelo já atingiu o tempo determinado da próxima falha: em caso positivo a entidade entra em um módulo de *Hold* onde permanece em espera simulando o reparo do caminhão durante um tempo, também determinado por uma distribuição exponencial com sua média sendo o MTTR. Em sequência, um módulo *Assign* define a próxima ocorrência de falha.

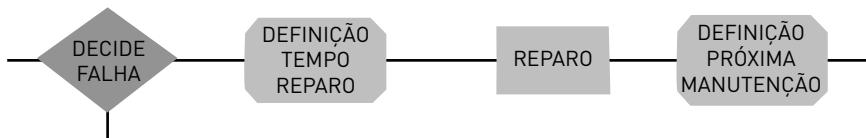


Figura 4. Submodelo de definição de falhas dos caminhões

Fonte: Os autores.

2.2.2 Ciclo de transporte

Após a etapa de carregamento, um módulo *Search* é responsável por verificar para qual setor a entidade será direcionada. Para isso, inicialmente foram criadas duas variáveis em formato de vetores, responsáveis por armazenar dados referentes às distâncias médias dos setores (DMT) e o status de disponibilidade, ou seja, se o setor se encontra em processo de alteamento de uma nova camada ou se encontra disponível para o recebimento de material. Cada linha destes vetores representa os dados de um setor diferente da pilha. Desta maneira, o módulo verifica campo a campo dos vetores a condição de qual setor possui menor DMT, e se encontra com o status disponível. A partir da definição do número do setor à qual a entidade será destinada, esta informação é logo armazenada em um atributo denominado “A camada”. No cenário em que nenhum

dos setores estejam com o status disponível, um módulo *Decide* encaminha as entidades para as praças intermediárias.

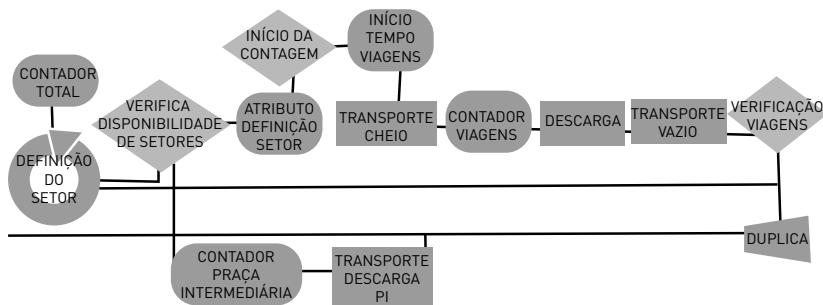


Figura 5. Ciclo operacional dos caminhões

Fonte: Os autores.

Após a definição do setor, a entidade percorre os processos de transporte, descarga e deslocamento para um novo carregamento. Para gerenciar o número de caminhões alocados a cada setor, foi criada uma variável em formato de vetor, que contém a capacidade máxima de viagens suportada por cada setor, e uma variável de controle que monitora o número de viagens sempre que um novo setor é definido como destino das entidades. Assim, por meio do módulo *Decide*, verifica-se se a variável de controle atingiu ou superou a capacidade do setor. Caso contrário, a entidade retorna ao início do ciclo para um novo carregamento. Portanto, quando os valores das variáveis se igualam, representando que o setor recebeu o volume de material necessário para o preenchimento de uma nova camada, a condição do módulo é satisfeita, e a entidade é enviada para o módulo *Separate*, onde é duplicada. Uma cópia representa o caminhão e retorna ao início do ciclo para um novo carregamento, enquanto a outra representa a camada que será processada e segue no fluxograma.

Ademais, foram criadas variáveis de monitoramento de dados do processo, como o número de viagens e o tempo de preenchimento médio de cada setor.

2.2.3 Tratamento da camada

Quando uma nova camada é preenchida com o número máximo de viagens que suporta, seu status é alterado para indisponível, e a variável que armazena o número de viagens recebidas para esse setor é reiniciada. A entidade gerada, representando a camada, é então direcionada a um submodelo, onde ocorre todo o processo de tratamento da camada.

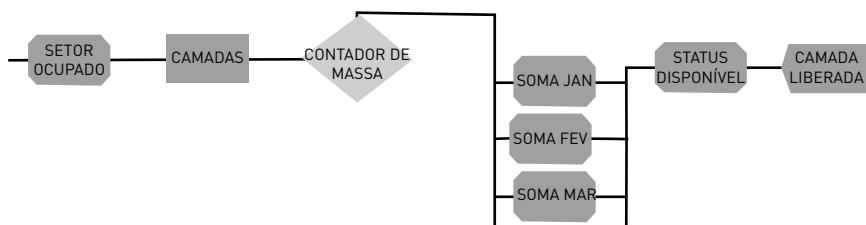


Figura 6. Tratamento da camada

Fonte: Os autores.

Neste submodelo representado pela Figura 7, ocorre o processo de espalhamento da camada, para o qual são alocados como recursos os tratores de esteira responsáveis pela atividade. A lógica de manutenção desses tratores foi definida por meio do módulo de dados *Failure*, utilizando os indicadores MTBF e MTTR.

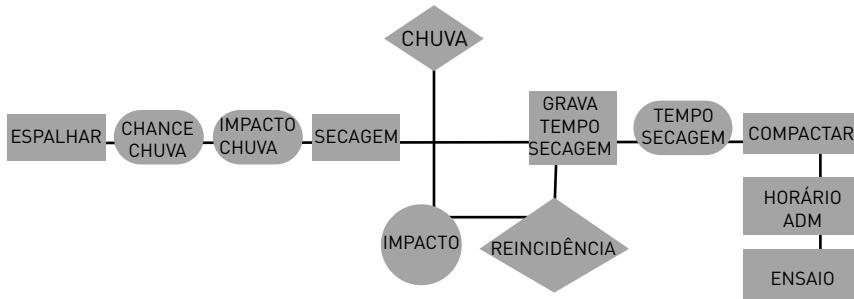


Figura 7. Submodelo dos processos de tratamento da camada por setor

Fonte: Os autores.

Para simular o impacto da chuva na etapa de tratamento da camada, foram gerados três vetores com 12 linhas, cada uma representando um mês do ano probabilístico. Para isso, foram utilizados dados históricos coletados de uma estação meteorológica localizada na planta da mineradora. O primeiro vetor refere-se à probabilidade de ocorrência de um dia de chuva em um intervalo de cinco dias, orientando o primeiro módulo *Decide* chamado de “CHUVA”. Em um cenário ocorrência de evento de chuva, um módulo *Delay* quantifica o impacto da chuva sobre a secagem com base em um segundo vetor, que discretiza as probabilidades de diferentes intensidades de chuva para cada mês. Por fim, um terceiro vetor é utilizado por um módulo *Decide* para avaliar a probabilidade de ocorrência de dois ou mais dias de chuva em um intervalo de cinco dias, simulando a recorrência de eventos de chuva durante o tratamento de uma mesma camada.

O tempo de todo este processo de secagem é armazenado em um arquivo de texto por meio do módulo *ReadWrite*. As probabilidades consideradas para os eventos de chuva estão apresentadas na Tabela 1.

Meses	Evento de chuva		Duas ou mais ocorrências		Intensidade			
	Chover	Não chover	Chover	Não Chover	5mm - 10mm	10mm - 15mm	15mm - 20mm	20mm - 60mm
Jan	0.520	0.480	0.660	0.340	0.361	0.520	0.056	0.063
Fev	0.290	0.710	0.430	0.570	0.182	0.382	0.391	0.045
Mar	0.110	0.890	0.300	0.700	0.625	0.000	0.083	0.292
Abr	0.220	0.780	0.150	0.850	0.425	0.250	0.000	0.325
Mai	0.050	0.950	0.000	1.000	0.667	0.333	0.000	0.000
Jun	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Jul	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ago	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Set	0.100	0.900	0.067	0.930	0.750	0.250	0.000	0.000
Out	0.240	0.760	0.290	0.710	0.437	0.325	0.056	0.183
Nov	0.320	0.680	0.300	0.700	0.417	0.250	0.250	0.083
Dez	0.370	0.630	0.420	0.580	0.365	0.310	0.143	0.183

Tabela 1. Probabilidades de ocorrência de chuva e nível de intensidade

Fonte: Os autores.

Foi estabelecido que chuvas de 5 mm a 10 mm impactam no tempo de secagem com adição de dois dias, 10 mm a 15 mm em três dias, 15 mm a 20 mm em quatro dias e para chuvas superiores a 20 mm em cinco dias. Com base nessas premissas e dados, foram criadas as seguintes funções apresentadas no Quadro 3.

Meses	Ocorrência	Intensidade
Jan	DISC(0.48,0,1,1)	DISC(0.36,2,0.88,3,0.94,4,1,5)
Fev	DISC(0.71,0,1,1)	DISC(0.18,2,0.56,3,0.95,4,1,5)
Mar	DISC(0.89,0,1,1)	DISC(0.625,2,0.71,4,1,5)
Abr	DISC(0.78,0,1,1)	DISC(0.425,2,0.675,3,1,5)
Mai	DISC(0.95,0,1,1)	DISC(0.67,2,1,3)
Jun	DISC(1,0)	DISC(1,0)
Jul	DISC(1,0)	DISC(1,0)
Ago	DISC(1,0)	DISC(1,0)
Set	DISC(0.9,0,1,1)	DISC(0.75,2,1,3)
Out	DISC(0.76,0,1,1)	DISC(0.43,2,0.76,3,0.81,4,1,5)
Nov	DISC(0.68,0,1,1)	DISC(0.41,2,0.67,3,0.92,4,1,5)
Dez	DISC(0.63,0,1,1)	DISC(0.365,2,0.674,3,0.82,4,1,5)

Quadro 3. Funções de distribuição estatística discreta para chuva

Fonte: Os autores.

A partir da definição da ocorrência e o respectivo impacto de um evento de chuva, o módulo responsável pelo processo de secagem utiliza a distribuição estatística das umidades do rejeito, gerada pelo *Input Analyser*, para calcular o tempo de secagem com base na taxa média de redução de umidade. Deste modo, a etapa é finalizada assim que o rejeito atinge a umidade ideal de compactação em 15%. Além disso, dentro da expressão de definição do tempo de *Delay* do módulo está inserido o produto dos dois vetores de probabilidade de chuva, determinando se haverá ou não precipitação e, em caso positivo, qual será o impacto sobre o processo de secagem.

Por fim, o último processo do submodelo é a simulação dos ensaios de controle tecnológico para a verificação dos parâmetros de compactação da camada. Para isso, foi utilizado um módulo de *Hold* que garante que este processo ocorra apenas das 7h às 17h, uma vez que o laboratório de controle tecnológico opera apenas em horário administrativo. Com a conclusão do ensaio, o status do setor é alterado novamente para disponível e um módulo de *Dispouse* computa a camada liberada. Desta maneira, foi contemplado no

modelo de simulação todo o processo e as lógicas da operação de empilhamento de rejeito.

Conclusão

A operação de empilhamento de rejeitos a seco é um processo complexo, influenciado por uma série de fatores internos e externos, o que torna desafiadora a criação de um modelo de simulação fiel à realidade. Neste trabalho, os resultados obtidos demonstraram um comportamento muito próximo do observado em campo, especialmente no que se refere ao impacto das condições climáticas, como a chuva, sobre a eficiência da operação.

O modelo proposto se mostrou uma ferramenta valiosa e flexível, permitindo a avaliação de múltiplos cenários por meio da manipulação de variáveis críticas. Isso possibilita um planejamento mais robusto e assertivo para operações de longo prazo em mineração.

Este estudo destaca a importância de um monitoramento contínuo e da criação de indicadores operacionais detalhados, de modo a construir bases de dados mais robustas. Isso permitirá que futuros modelos de simulação sejam ainda mais representativos das condições reais de operação. Para estudos futuros, faz-se interessante incorporar a dinâmica de retomada das praças intermediárias, o que pode adicionar uma camada extra de realismo e potencial para melhorias operacionais.

Referências

AGYEI, George; KATENG, E. A. An Innovative Pedagogical Simulation and Animation of a Shovel-Truck System. **Nigerian Journal of Technology**, v. 42, n. 1, p. 122-129, 2023.

AUTOMATION, Rockwell. Getting started with Arena®. Rockwell Automation. **Supersedes Publication**, 2022.

DAVIES, Michael. Filtered Dry Stacked Tailings: the fundamentals. *In: 15th INTERNATIONAL CONFERENCE ON TAILINGS AND MINE WASTE*, 2011, Vancouver. **Proceedings Tailings and Mine Waste** [...]. Vancouver: University of British Columbia, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/42GdyHw>. Acesso em: 25 out. 2024.

DENDLE, Nicholas; ISOKANGAS, Erik; CORRY, Paul. Efficient simulation for an open-pit mine. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 117, p. 102473, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2021.102473>.

GOMES, Reinaldo Brandaو; DE TOMI, Giorgio; ASSIS, Paulo Santos. Iron ore tailings dry stacking in Pau Branco mine, Brazil. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 5, n. 4, p. 339-344, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmrt.2016.03.008>.

RODOVALHO, Edmo da Cunha. **Aplicações de ferramentas de simulação em operações mineiras para determinação de índices operacionais utilizados em planos de lavra adaptados ao estudo de caso da Mineração Casa de Pedra - CSN (Congonhas/MG)**. 2013. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

SOTO, I. ; ANANI, Angelina; CÓRDOVA, Eduardo. A discrete event simulation approach for mine development planning at Codelco's New Mine Lev. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 122, n. 10, p. 549-560, 2022.

8. DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE TRANSFORMAÇÃO AR1 E AR3 PARA AÇOS LAMINADOS A QUENTE

Luan Marcel Costa Vasconcelos

Vinicius Aleixo Silvestre

Felipe Farage David

Sayd Farage David

Introdução

A temperatura na qual o aço é laminado a quente, principalmente nos estágios de acabamento, é crucial para a determinação da microestrutura final do produto, e determina quanto esforço mecânico é necessário para fazer a deformação do metal. Existem dois tipos de laminação a quente: o primeiro é feito na região intercrítica, e o segundo é feito em temperaturas acima da temperatura A_3 . Na indústria siderúrgica, uma das formas de estimar as temperaturas críticas é por meio de equações empíricas (Krauss, 2005). Entretanto, essas equações são válidas em uma faixa de composição química específica e não há parâmetros relacionados à taxa de aquecimento, o que pode levar a imprecisões nos cálculos.

A laminação acima da temperatura A_3 ocorre quando o aço é aquecido até seu campo monofásico austenítico, e mantido lá até que toda a microestrutura inicial se transforme em austenita (Quan *et al.*, 2016). Na laminação de aço-carbono comum, não é usual laminá-lo entre as temperaturas A_1 e A_3 , pois a ferrita é menos dúctil

que a austenita e, consequentemente, há um aumento significativo dos esforços de laminação necessários e diminuição da vida útil dos componentes da corrente de laminação. Dessa forma, a laminação é realizada acima da temperatura A_3 , garantindo que toda a microestrutura esteja no campo monofásico austenítico.

A transformação austenita-ferrita ($\gamma \rightarrow \alpha$) é uma transformação sólido-sólido fundamental no aço. Portanto, é muito importante entender seu comportamento, para delimitar o início e o fim da transformação (Zhang *et al.*, 2015; Kohtake; Yamanaka; Suwa, 2018). A laminação do aço no campo intercrítico ocorre em uma temperatura situada entre as temperaturas críticas A_1 e A_3 , onde o aço será conformado com sua microestrutura composta por ferrita (α) e austenita (γ). Normalmente, esse tipo de laminação é aplicado em aços especiais de alta resistência, como nos aços do tipo *Dual Phase* (Weiss *et al.*, 2015; Halder *et al.*, 2016). Um fator que influencia a velocidade de transformação é a taxa de aquecimento ou resfriamento. O aquecimento mais rápido proporciona menos tempo de difusão e tende a aumentar as temperaturas críticas de equilíbrio (Bhadeshia; Honeycombe, 2006). Da mesma forma, o resfriamento mais rápido tende a diminuir as temperaturas críticas. O efeito das taxas de aquecimento ou resfriamento cria um subgrupo totalmente novo de temperaturas críticas designadas como “ A_c ” ou “ A_r ” (temperatura crítica no aquecimento e no resfriamento, respectivamente). Portanto, como resultado dos efeitos de aquecimento e resfriamento, existem outros dois subgrupos de temperaturas críticas: A_{c1} , A_{c3} , A_{r1} , A_{r3} (Krauss, 2005).

Como o conhecimento das temperaturas críticas é decisivo para a obtenção das propriedades mecânicas dos produtos laminados a quente e para a preservação da vida útil dos componentes da cadeia de laminação, torna-se importante para a indústria siderúrgica determinar, por meio de experimentos laboratoriais, as temperaturas A_{c1} e A_{r3} . Este trabalho propõe, por meio de tratamentos térmicos

cos de têmpera, quantificação de martensita e ensaios de dureza, a determinação das temperaturas críticas para os vergalhões de aço ABNT/NBR 7480 classe CA-50 (ABNT, 2007).

1. Metodologia

O tratamento térmico de têmpera é um tratamento aplicado para aumentar a dureza do aço, devido à formação da microestrutura da martensita (Wu *et al.*, 2018). Assim, sabendo-se da expressiva diferença entre a ferrita (α) e a martensita (M), sendo que quanto maior a porcentagem de martensita presente na microestrutura, maior será a dureza do aço (Sato *et al.*, 2015; Maugis, 2018). A porcentagem de martensita formatada após o tratamento térmico de têmpera é a mesma da austenita não transformada na temperatura desejada, pois quando o aço é austenitizado, a taxa de resfriamento do tratamento térmico de têmpera impede a formação de outros tipos de microestruturas como ferrita, perlita e bainita (Silva; Pacheco; Savi, 2004; Kannan *et al.*, 2018; Navarro-López *et al.*, 2018).

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas amostras de aço ABNT/NBR 7480 classe CA-50 (ABNT, 2007). As amostras têm as seguintes dimensões: 8 mm de diâmetro nominal e 10 mm de comprimento. Onze amostras de aço foram preparadas para o tratamento térmico de têmpera. As amostras foram aquecidas em um forno mufla a uma temperatura de 892 °C durante trinta minutos para a completa austenitização. Em seguida, cada um dos onze corpos de prova foi resfriado dentro do forno até a temperatura desejada e, depois disso, foi mantido na temperatura programada por trinta minutos. Depois disso, as amostras foram imediatamente resfriadas em água, com o objetivo de aplicar o tratamento térmico de têmpera. As temperaturas-alvo selecionadas foram: 646, 666, 686, 705, 724, 743, 761, 780, 800, 820 e 840 °C.

A Figura 1 mostra graficamente o processo de resfriamento e o tratamento térmico de têmpera para uma temperatura-alvo de 724 °C. Na temperatura de austenitização (T_γ), há apenas austenita na microestrutura. Quando a temperatura atinge a temperatura-alvo (T_{alvo}) de 724 °C, há ferrita pró-eutetóide (α_p), perlita (P) e austenita (γ). Após o resfriamento em água, a porção de austenita remanescente se transforma adifusionalmente e instantaneamente em martensita (Fonseca *et al.*, 2020; Silva; Pacheco; Savi, 2004).

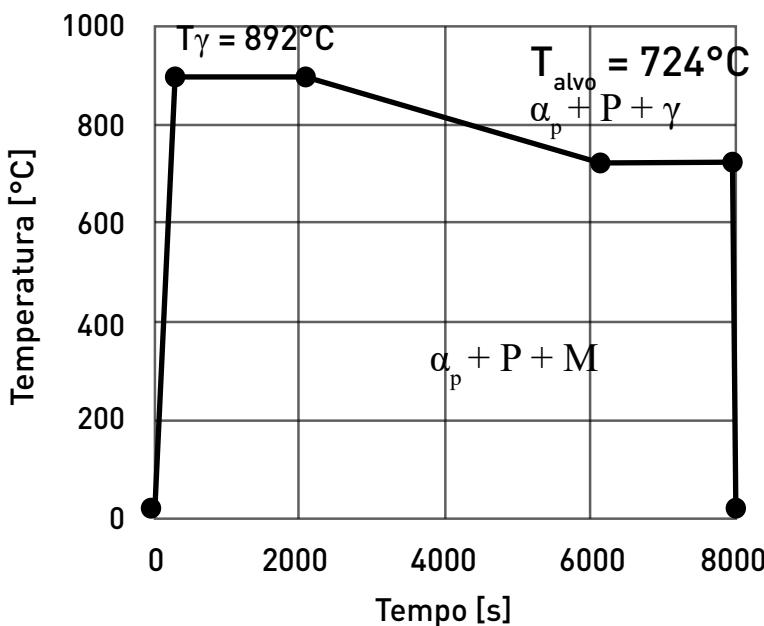


Figura 1. Gráfico do tratamento térmico de têmpera para a amostra tratada a 724 °C

Fonte: Os autores (2020).

Após o tratamento térmico de têmpera, as amostras foram lixadas, seguindo a sequência de granulometria: #80, #120, #220, #400, #600, #1000 e #1500. Em seguida, foram polidas com pasta de diamante de granulometria 9 e 3 μm . Após esse procedi-

mento, as amostras foram atacadas quimicamente com Nital 5% (5% ácido nítrico concentrado + 95% álcool etílico).

Para a análise metalográfica, foi utilizado o Microscópio Óptico Olympus BX41M-LED, e para os testes de dureza foi utilizado um durômetro Vickers. Em ambos os métodos, buscou-se analisar partes distintas de cada amostra, para um resultado confiável.

Foram registradas 12 imagens de cada amostra, a partir de pontos distintos, utilizando uma ampliação de 200x. Para a quantificação da martensita, foi utilizado um software de código aberto chamado *ImageJ*, por meio do qual foi possível quantificar a porcentagem de área de martensita presente em cada imagem.

2. Resultados

Após os procedimentos metalográficos, foi possível diferenciar os grãos de ferrita (α) da microestrutura martensítica (M), em duas temperaturas diferentes, como mostra a Figura 2. Ao final da análise, foi possível construir uma curva com a variação da porcentagem de martensita em função da temperatura-alvo do tratamento térmico de têmpera (T_{alvo}).

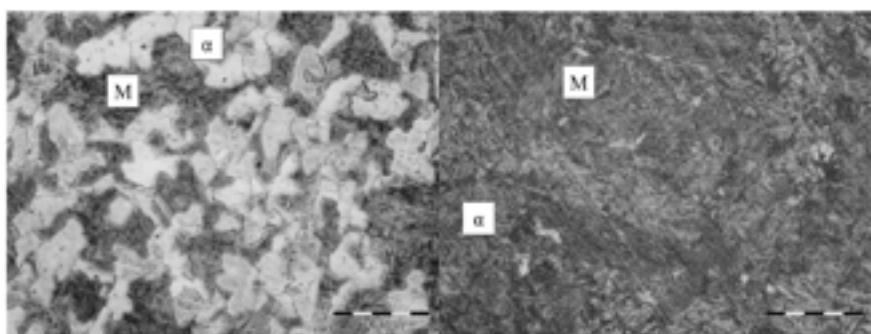


Figura 2. A diferença entre as microestruturas ferrítica (α) e martensítica (M).
Imagen capturada de duas amostras temperadas em diferentes temperaturas, 724 °C (esquerda) e 800 °C (direita). Ataque químico à superfície feito com 5% de Nital.

Ampliação de 200x

Fonte: Os autores (2020).

A quantidade de martensita formada representa a quantidade de austenita não transformada no T_{alvo} , porque quando o aço é austenitizado, a taxa de resfriamento do tratamento térmico de têmpera impede a formação de ferrita, perlita e bainita (Silva; Pacheco; Savi, 2004). Assim, a temperatura A_{r1} será identificada imediatamente quando a porcentagem de martensita chegar a 0%. Da mesma forma, a temperatura A_{r3} será obtida quando a porcentagem de martensita atingir 100%. Com os resultados da análise metalográfica, foram obtidos os dados mostrados na Tabela 1.

Temperatura													Média [%]	Desvio Padrão
Alvo [°C] /	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Número da amostra														
646	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
666	0,5	0,0	0,3	0,2	1,5	0,3	0,5	0,2	0,0	0,5	0,1	0,3	0,4	0,4
686	30,3	32,2	29,9	26,9	29,1	32,2	25,3	31,8	29,6	29,8	26,6	34,2	29,8	0,4
705	48,9	49,4	53,8	54,2	55,5	53,2	55,2	52,0	54,5	50,9	54,1	54,4	53,0	2,2
724	57,3	55,5	53,7	57,7	56,3	61,4	56,8	63	60,4	56,0	55,9	54,7	57,4	2,8
743	63,3	67,7	70,8	71,3	70,5	68,6	66,6	72,3	68,4	68,0	68,1	70,8	68,9	2,4
761	74,9	71,4	72,1	66,5	73,3	68,2	68	66,7	68,2	67,2	66,0	66,9	69,1	3,0
780	77,6	75,7	76,4	77,7	74,2	70,8	77,7	71,5	74,2	78,0	77,0	77,1	75,6	2,5
800	83,4	83,6	86,7	86,0	85,3	82,4	82,4	86,3	87,8	84,5	86,4	82,4	84,8	1,9
820	98,2	99,0	98,6	99,5	99,7	99,3	99,5	99,5	99,2	98,6	99,2	99,4	99,1	0,5
840	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0,0

Tabela 1. Porcentagem de martensita em função da temperatura-alvo

Fonte: Os autores (2020).

Para os testes de dureza Vickers, foi configurada uma carga de 30 quilogramas-força em um período de 20 segundos. Foram feitos 12 testes em cada amostra, garantindo a coleta de dados de toda a superfície da amostra. Buscando uma melhor comparação entre a temperatura-alvo (T_{alvo}) e a dureza Vickers (HV_m), foi calculada uma porcentagem equivalente de martensita para a dureza Vickers, considerando o menor valor de HV_m (148) equivalente

a 0% de martensita, e o maior valor de HV_m (517) equivalente a 100% de martensita na microestrutura da amostra. As amostras tratadas termicamente a T_{alvo} de 646 °C e 840 °C foram analisadas no microscópio, conforme mostrado na Tabela 1. A microestrutura da amostra de 646 °C é praticamente composta apenas por ferrita e perlita, enquanto a amostra de 840 °C teve sua microestrutura composta apenas por martensita. Tornando assim possível a comparação da dureza mostrada com uma quantidade equivalente de martensita. A porcentagem equivalente e os valores de dureza são mostrados na Tabela 2.

Temperatura Alvo [°C]	Dureza Vickers [HVm]	Desvio Padrão	Martensita Equivalente [%]
646	148	1,7	0,0
666	171	6,0	6,2
686	236	6,2	24,0
705	249	7,4	27,4
724	263	7,7	31,2
743	309	7,2	43,8
761	325	7,5	47,9
780	362	5,5	57,9
800	417	7,9	73,0
820	516	7,1	99,6
840	517	7,5	100

Tabela 2. Temperatura de têmpera, dureza Vickers e porcentagem de Martensita equivalente

Fonte: Os autores (2020).

Com o conhecimento dos dados das tabelas 1 e 2, foi possível calcular a média dos valores de cada amostra e o valor do desvio padrão, construindo os gráficos de porcentagem de martensita encontrados para cada um dos métodos (metalográfico e dureza), apresentados respectivamente nas figuras 3 e 4 abaixo.

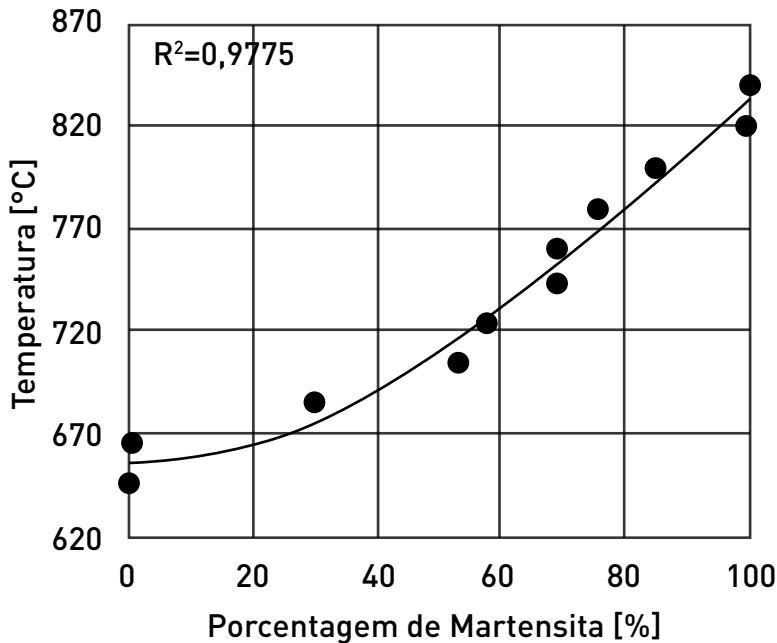


Figura 3. Porcentagem de Martensita em função da temperatura, obtida via método metalográfico

Fonte: Os autores (2020).

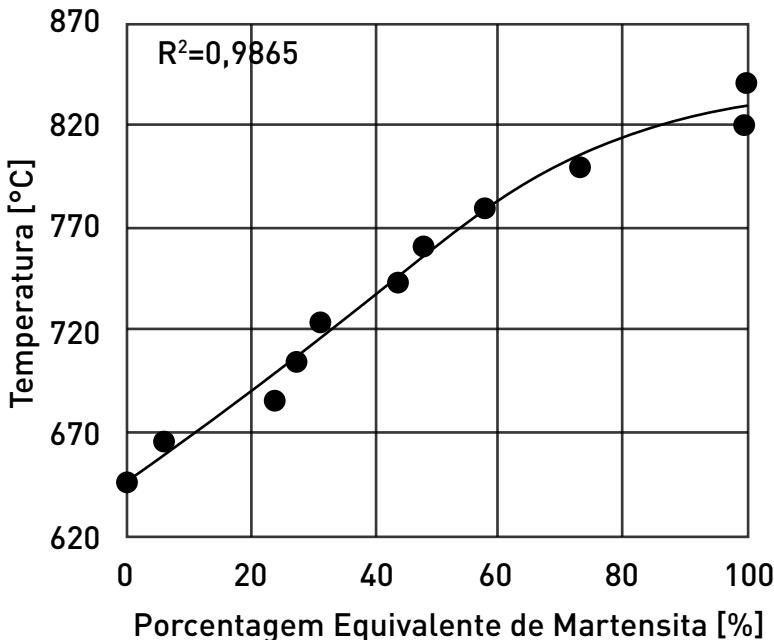


Figura 4. Porcentagem de Martensita em função da temperatura, obtida via método de dureza

Fonte: Os autores (2020).

A partir da construção dos gráficos, foi aplicada uma regressão polinomial de terceiro grau. Assim, obteve-se um coeficiente de determinação $R^2 = 0,98$ para o Gráfico 1 e $R^2 = 0,99$ para o Gráfico 2. Os modelos matemáticos encontrados estão de acordo com as equações 1 e 2. A Equação 1 representa o modelo matemático encontrado pelo método metalográfico (A_{rMM}) e a Equação 2 representa o modelo encontrado pelo método de dureza (A_{rHM}).

$$A_{rMM} = -0,0001M^3 + 0,0292M^2 - 0,1162M + 656,87 \quad (1)$$

$$A_{rHM} = -0,0002M^3 + 0,0182M^2 + 1,771M + 648,13 \quad (2)$$

Em ambas as equações, a variável M representa a porcentagem de martensita do aço. De acordo com a Eq. 1, a temperatura em

que não há porcentagem de austenita ($M=0$) (A_{r1}) é 657 °C, e a temperatura em que há austenita total no aço ($M=100$) (A_{r3}) é 837 °C. Para a Eq. 2, a temperatura A_{r1} é 648 °C e a temperatura A_{r3} é 807 °C.

3. Discussão

Com o objetivo de validar os métodos, foi considerada uma composição química típica de um aço CA-50, podendo-se comparar os resultados obtidos experimentalmente com equações empíricas existentes na literatura. A Tabela 3 mostra a composição química considerada para o aço CA-50.

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	Nb	Sn	Fe (bal.)
0,265	0,133	0,718	0,1295	0,0414	0,0683	0,155	0,0083	0,0207	98,39

Tabela 3. Composição química de um aço CA-50 (% em massa)

Fonte: Alonso (2006).

Usando a composição química da Tabela 3, as temperaturas do Ar podem ser calculadas usando as equações empíricas existentes. As equações 3 e 4 são usadas para calcular as temperaturas de A_{r1} e as equações 5 e 6 são usadas para calcular as temperaturas de A_{r3} .

$$A_{r1} = 739 - 22C - 7Mn + 2Si \quad (3) \quad (\text{Schacht} \text{ et al., 2016})$$

$$A_{r1} = 741,7 - 7,13C - 14,09Mn + 16,26Si + 11,54Cr - 49,69Ni \quad (4) \quad (\text{Lutsenko} \text{ et al., 1991})$$

$$A_{r3} = 913,7 - 207,13C - 46,6Mn + 110,54Cr + 108,1N \quad (5) \quad (\text{Lutsenko} \text{ et al., 1991})$$

$$A_{r3} = 910 - 230C - 21Mn - 15Ni + 32Mo + 45Si + 13W + 104V \quad (6) \quad (\text{Pickering, 1986})$$

A Tabela 4 mostra os valores de temperatura calculados com as equações mostradas acima e a Tabela 5 os compara com as temperaturas obtidas com métodos metalográficos e de dureza.

Método de Cálculo	A_{r1} [°C]	A_{r3} [°C]
Eq. 3	728	-
Eq. 4	733	-
Eq. 5	-	840
Eq. 6	-	853
Método Metalográfico	657	837
Método de Dureza	648	807

Tabela 4. Temperaturas A_{r1} e A_{r3} calculadas utilizando equações empíricas e métodos experimentais

Fonte: Os autores (2020).

Método de Cálculo	Diferença em relação ao método Metalográfico Ar1 [%]	Diferença em relação ao método Metalográfico Ar3 [%]	Diferença em relação ao método de Dureza Ar1 [%]	Diferença em relação ao método de Dureza Ar3 [%]
Eq. 3	10,8	-	12,3	-
Eq. 4	11,6	-	13,1	-
Eq. 5	-	0,3	-	4,1
Eq. 6	-	1,9	-	5,7

Tabela 5. Diferença de valores de temperatura críticas entre os métodos utilizados

Fonte: Os autores (2020).

Todos os valores de diferença foram mostrados em módulo. Deve-se levar em consideração o fato de que as equações empíricas não levam em conta as taxas de aquecimento ou resfriamento em suas variáveis, o que pode ter influência direta no cálculo das temperaturas críticas. A diferença entre os dois métodos experimentais também foi calculada, como mostra a Tabela 6.

Método de Cálculo	A_{r1} [°C]	A_{r3} [°C]	Diferença de temperatura Ar1 [°C / %]	Diferença de temperatura Ar3 [°C / %]
Método Metalográfico	657	837	9 / 1,4	30 / 3,7
Método de Dureza	648	807		

Tabela 6. Diferença de valores de temperatura entre os métodos experimentais

Fonte: Os autores (2020).

Os resultados obtidos por meio de métodos experimentais não diferiram muito, mostrando uma diferença máxima de 30 °C nas temperaturas do Ar₃, equivalente a aproximadamente 3,7% de diferença.

Conclusão

Para a qualidade do aço usado neste experimento, ambos os métodos se mostraram promissores para determinar as temperaturas críticas de transformação A_{r1} e A_{r3}, com uma diferença muito baixa entre elas (3,7%). Dentro do campo intercrítico, o aço apresentou uma dureza proporcional à quantidade de martensita. Quanto maior o HV_m do aço, maior será a quantidade de martensita.

A comparação dos resultados obtidos com as equações empíricas mostrou uma diferença máxima de 13,1% com os resultados obtidos experimentalmente na temperatura A_{r1}. Isso mostra a importância de usar o método experimental para determinar as temperaturas de transformação A_{r1} e A_{r3} para um tipo específico de aço, uma vez que as equações empíricas são muito gerais, o que pode levar a cálculos imprecisos das temperaturas de transformação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG – *Campus Congonhas*) pelo apoio financeiro que foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

ALONSO, Marcelo de Barros. **Caracterização de união por solda de tópô em barras CA-50 com eletrodos revestidos.** 2006. 67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480**. Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos. ABNT, 2007.

BHADESHIA, Harry K. D. H.; HONEYCOMBE, Robert W. K. **Steels Microstructure and Properties**. 3. ed. Oxford: Elsevier, 2006.

FONSECA, Marcelo Gautério *et al.* Study of the austenite retained percentage by subzero and cryogenic process. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 62311-62322, 2020.

HALDER, Chandan *et al.* Effect of Carbon Distribution During the Microstructure Evolution of Dual-Phase Steels Using Cellular Automata, Genetic Algorithms, and Experimental Strategies. **Metallurgical and Materials Transactions A**, v. 47, n. 12, p. 5890-5906, 2016.

KANNAN, Rangasayee *et al.* Instrumented indentation study of bainite/martensite duplex microstructure. **Materials Science & Engineering A**, v. 713, p. 1-6, 2018.

KOHTAKE, Takahiko; YAMANAKA, Akinori; SUWA, Yoshihiro. Phase-Field Simulation of α Growth Stagnation During $\gamma \rightarrow \alpha$ Transformation in Fe-X-Y and Fe-C-Mn Alloys. **Metallurgical and Materials Transactions A**, v. 49, p. 5023-5034, 2018.

KRAUSS, George. **Steels Processing, Structure, and Performance**. 1. ed. United States of America: ASM International, 2005.

LUTSENKO, Andrey Nikolaevich *et al.* The Definition and Use of Technological Reserves – An Effective Way to Improve the Production Technology of Rolled Metal. **Abschlußbericht, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Luxembourg**, 1991.

MAUGIS, Philippe. Ferrite Martensite and supercritical iron: A coherent elastochemical theory of stress-induced carbon ordering in steel. **Acta Materialia**, v. 158, p. 454-465, 2018.

NAVARRO-LÓPEZ, Alfonso *et al.* Influence of the prior athermal martensite on the mechanical response of advanced bainitic steel. **Materials Science & Engineering A**, v. 735, p. 343-353, 2018.

PICKERING, F. Brian. Steels: Metallurgical Principles. In: **Encyclopedia of Materials Science and Engineering**, vol. 6. Cambridge: The MIT Press, 1986.

QUAN, Guo *et al.* A study on the multi-phase transformation kinetics of ultra-high-strength steel and application in thermal-mechanical-phase coupling simulation of hot stamping process. **Materials Science and Engineering: A**, v. 673, p. 24-38, 2016.

SATO, Hirotaka *et al.* Relation between Vickers Hardness and Bragg-Edge Broadening in Quenched Steel Rods Observed by Pulsed Neutron Transmission Imaging. **Materials Transactions**, v. 56, p. 1147-1152, 2015.

SCHACHT, Konstantin *et al.* Material Models and their Capability for Process and Materials Properties Design in Different Forming Processes. **Materials Science Forum**, v. 854, p. 174-182, 2016.

SILVA, Eduardo Prieto; PACHECO, Pedro Manuel Calas Lopes; SAVI, Marcelo Amorim. On the thermo-mechanical coupling in austenite-martensite phase transformation related to the quenching process. **International Journal of Solids and Structures**, v. 41, p. 1139-1155, 2004.

WEISS, Matthias *et al.* On the Bauschinger effect in dual phase steel at high levels of strain. **Materials Science & Engineering A**, v. 643, p. 127-136, 2015.

WU, Yuxiang *et al.* Cementite coarsening during the tempering of Fe-C-Mn martensite. **Acta Materialia**, v. 159, p. 209-224, 2018.

ZHANG, Xie *et al.* Structural transformations among austenite, ferrite and cementite in Fe-C alloys: A unified theory based on ab initio simulations. **Acta Materialia**, v. 99, p. 281-289, 2015.

9. DESENVOLVIMENTO DE UMA ESTUFA MICROCONTROLADA VIA ARDUINO PARA CONTROLE DA TEMPERATURA E UMIDADE DO AR DE MICROSCÓPIOS ÓPTICOS

Felipe Farage David

Thiago Leonardo Maria

Adriel Paz Moreira

Luan Marcel Costa Vasconcelos

Vinicius Aleixo Silvestre

Sayd Farage David

Introdução

Para a obtenção de uma imagem de alta qualidade em microscópios ópticos e a realização de uma análise de imagem precisa, é muito importante manter suas lentes limpas e funcionais (Asp *et al.*, 2020). Vários tipos de impurezas e micróbios podem ser transportados de um ambiente externo para um ambiente interno por humanos, animais e pelo ar, podendo contaminar o ambiente e os objetos nele contidos (Dannemiller; Weschler; Peccia, 2017). De acordo com Cordero (2013), alguns fungos conseguem ser transportados pelo ar e se instalar dentro de instrumentos ópticos, como microscópios, caso as condições do ambiente forem favoráveis para seu crescimento. Para que esses organismos se fixem nas lentes, o

ambiente deve ter boas condições de temperatura e umidade, aeração, pH e substâncias não tóxicas. Todos esses fatores são básicos, mas indispensáveis. Portanto, a falta de algum deles pode fazer com que o fungo não se desenvolva. Por exemplo, a temperatura ideal para o crescimento dos fungos se encontra geralmente entre 22 °C e 30 °C para a maioria das espécies (Torquato, 2014), e de acordo com Rupollo *et al.* (2006), a proliferação de fungos é acentuada em umidades relativas do ar acima de 12%. Tendo o conhecimento dessas informações, é possível realizar a esterilização do ambiente, isto é, tornar o ambiente desfavorável para o desenvolvimento e proliferação de fungos, por meio do controle da temperatura e umidade desse ambiente.

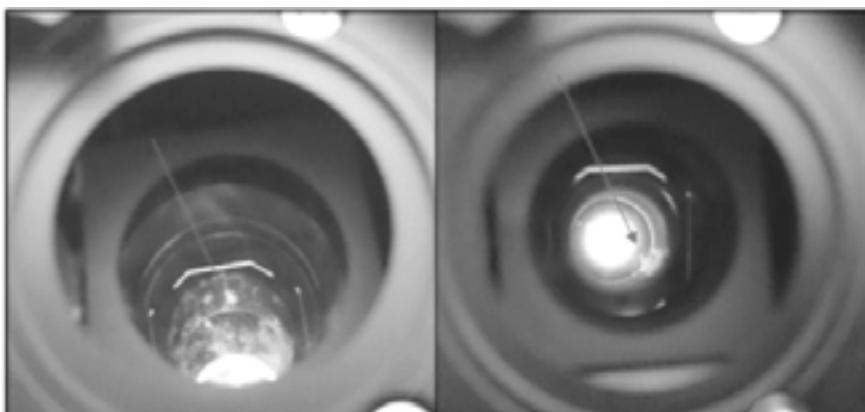


Figura 1. Presença de fungo na lente metalizada do tubo de observação dos microscópios ópticos do laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos

Fonte: Os autores (2020).

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Congonhas*, especificamente no laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalográficos, há dois microscópios ópticos modelo Olympus BX41M-LED, que são utilizados na realização de análises metalográficas em amostras de aços. Em ambos os microscópicos notaram-se a presença de fungos (Figura 1), que

interferiam na qualidade da imagem obtida pelo aparelho, sendo que o microscópio da esquerda se encontrava em uma situação mais crítica, uma vez que toda a lente já estava tomada por colônias desses organismos. Caso o fungo atingisse a parte de metalização da lente, haveria danos permanentes no equipamento e, consequentemente, na qualidade de imagem fornecida pelos microscópios.

Como uma solução imediata e a curto prazo, recorreu-se a uma empresa especializada em limpeza de instrumentos ópticos, para realizar de forma correta a remoção dos fungos e de qualquer outro tipo de microrganismo que estivesse presente nos aparelhos. Porém, esse tipo de serviço é oneroso, tornando a sua contratação periódica inviável. Para uma solução duradoura, visando evitar uma nova proliferação de fungos no interior do microscópio, optou-se pela construção de uma estufa microprocessada, que pudesse tornar o ambiente do seu interior estéril para a procriação de fungos, e que contasse com um design que não afetasse a utilização do aparelho pelo usuário.

A automação de estufas é amplamente empregada comercialmente. De acordo com a estrutura da estufa, diferentes tecnologias de automação industrial são utilizadas. Dentre elas podemos citar os dispositivos como termostatos, janelas automáticas, condicionadores de ar e desumidificadores, além de CLPs (controladores lógicos programáveis) e IHMs (interfaces homem-máquina) (Shamshiri *et al.*, 2018; Morimoto; Hashimoto, 2000). Uma alternativa a esses equipamentos industriais são os Arduinos, que são uma plataforma de programação acessível por preço e conveniência, além de tornar possível a integração simplificada com sensores, motores e outros dispositivos eletrônicos (Siddiqui *et al.*, 2017; Schiavon *et al.*, 2019).

O desafio desse trabalho foi adaptar as tecnologias de automação mais atuais, projetando e construindo uma estufa de baixo custo para o controle e o monitoramento da temperatura e umidade do ar, via Arduino. Dessa forma, garantindo o controle de proliferação de fungos nas lentes do microscópio óptico.

1. Metodologia

Para o desenvolvimento desse projeto, uma estufa microprocessada, é necessário que o material estrutural possua as seguintes propriedades: baixa permeabilidade e alta resistência térmica. Além disso, o material selecionado deve possuir baixo custo e ser de fácil manuseio. Com todos esses parâmetros definidos, dentro dos materiais disponíveis no mercado, o MDF revestido foi o que se apresentou como melhor opção, satisfazendo todos os requisitos, uma vez que este material possui uma resistência térmica alta, atuando como um ótimo isolante térmico, e relativamente impermeável. Existem outros materiais que permitem a criação de um ambiente controlado, como o acrílico e o vidro, por exemplo. Porém, estes dois materiais possuem custo mais elevado, o que não se encaixa nos requisitos de um projeto de baixo custo.

A estufa microprocessada foi projetada para promover uma atmosfera controlada em relação à umidade e temperatura para o microscópio óptico Olympus BX41M-LED do IFMG – *Campus Congonhas*.

O desenho esquemático tridimensional da estufa está representado na Figura 2. É importante ressaltar que o tipo de abertura da porta foi projetado de maneira a proporcionar uma maior área para a utilização do microscópio óptico. Dessa forma, excluindo a necessidade da retirada do equipamento de dentro da estufa pelo usuário para a sua utilização.



Figura 2. Desenho esquemático tridimensional da estufa para microscópios ópticos

Fonte: Os autores (2020).

A etapa seguinte foi a de desenvolvimento da parte de automação da estufa. Duas variáveis precisam ser controladas neste projeto, sendo elas: umidade e temperatura. A faixa de temperatura propícia para o desenvolvimento de fungos é de 22 °C a 30 °C (Torquato, 2014). Portanto, há duas maneiras para evitar a proliferação desses organismos: resfriar ou aquecer. Neste trabalho, optou-se por aquecer. Para o aquecimento da estufa foi utilizada uma lâmpada incandescente, visto que este tipo de lâmpada possui um fio de tungstênio que chega a temperaturas em torno de 3000 K (Izquierdo-Gil; Barragán; Villaluenga, 2020), o que torna esse tipo de lâmpada ideal para o aquecimento da atmosfera interna da estufa.

No que tange à umidade relativa, o ideal para evitar a proliferação de fungos é de 0%, mas com uma umidade abaixo de 12% já

diminui consideravelmente a probabilidade de procriação dos fungos (Rupollo *et al.*, 2006). Para a redução da umidade do ar foi utilizada sílica gel, um material capaz de absorver umidade, e, além disso, trata-se de um material reutilizável, ou seja, após atingida a sua saturação, ele pode ser aquecido para a retirada da umidade absorvida e em seguida, utilizado novamente. Para auxiliar na retirada de umidade do ar foi adicionado um cooler sob o recipiente de sílica, forçando o ar fluir pela sílica.

Para a medição das variáveis a serem controladas foi utilizado o sensor DHT22. Trata-se de um sensor de temperatura e umidade de baixo custo que atua nas faixas de 0% a 100% de umidade e -40 °C a 125 °C de temperatura, o que cobre todas as faixas controladas.

Por último, foi escolhido o Arduino, um microcontrolador de baixo custo e fácil programação, que pode ser utilizado para medir temperatura, umidade, pressão e altura (Barik, 2019). Ainda foi utilizado um display LCD para facilitar a visualização e a configuração pelo usuário. Para fazer esse controle, o Arduino foi programado em linguagem C, de maneira que o usuário da estufa pode configurar a temperatura entre as faixas 30 °C a 40 °C e a umidade de 0% a 10%. Se os valores recebidos pelo sensor forem diferentes das faixas de temperatura e/ou umidade configuradas, o controlador ligará por meio de um relé a lâmpada e/ou o cooler até que os valores captados pelo sensor cheguem nos valores configurados.

2. Resultados

A montagem da estrutura ocorreu conforme as dimensões projetadas no desenho técnico exibido na Figura 3. O MDF foi cortado a laser de maneira a obter uma maior precisão dimensional, tornando a montagem simples. Já o sistema baseado em Arduino facilita a montagem e a prototipagem de elementos para

a automação da estufa (o sensor DHT22, display LCD, lâmpada incandescente e cooler) (Figura 4).

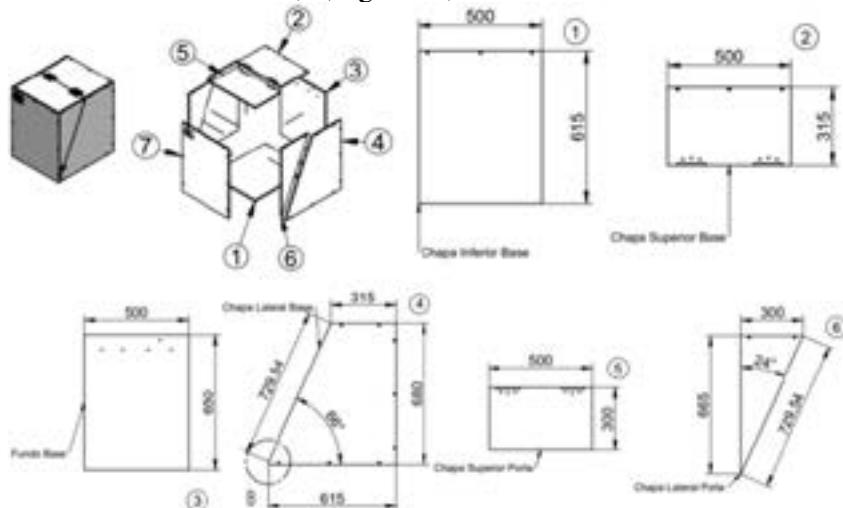


Figura 3. Desenho técnico da estufa microprocessada contendo todas as peças, os dimensionais e posições de montagem. (Dimensões em mm)

Fonte: Os autores (2020).

O Quadro 1 contém a lista de materiais utilizados para a construção da estufa e também o custo dos elementos mecânicos, elétricos e de automação.

Material	Quantidade	Preço (R\$)
Arruela	34	1,70
Dobradiça	2	9,00
MDF	1	190,00
Parafuso 6 mm com rosca	5	1,20
Parafuso dobradiça	12	3,00
Parafuso para madeira 6 x 45 mm	35	3,50
Parafuso para madeira 4 mm	6	0,30
Soquete E27	1	3,90
Lâmpada Incandescente 70W	1	4,00
Arduino Uno r3	1	41,90
Display LCD 16x2	1	26,66
Módulo relé 4ch	1	34,99

Sensor DHT22	1	15,88
Fonte 12v 2A	1	14,99
Sílica gel 1kg	1	42,99
Regulador de tensão Lm7809	1	5,99
Cooler	1	15,83
Case LCD	1	3,59
Total		419,42

Quadro 1. Lista de materiais da estufa, com precificação

Fonte: Os autores (2020).



Figura 4. Estufa montada

Fonte: Os autores (2020).

Para o teste, foram configurados os valores de 35 °C e 10% de umidade como *setpoint* e também foi introduzido um medidor digital de temperatura e umidade dentro da estufa, a fim de garantir a precisão do sensor. Os dados obtidos neste ensaio são mostrados na Tabela 1.

Tempo (h)	Temperatura (°C)	Umidade (%)
00:00	24	83
00:10	28	66
00:20	32	54
00:30	34	46
00:40	35	38
00:50	35	32
01:00	35	29
01:10	35	27
01:20	35	26
01:30	35	26

Tabela 1. Variação da temperatura e umidade com o tempo

Fonte: Os autores (2020).

Pode-se observar pela Tabela 1 que a temperatura atingiu o valor da temperatura como o desejado em torno de 40 minutos, já a umidade apesar de ter diminuído consideravelmente, 57%, não atingiu o valor configurado. Isso ocorreu devido à sílica gel ter um limite de absorção de umidade.

3. Discussão

A estufa foi projetada e construída conforme as especificações da Figura 3 e Quadro 1. As peças mecânicas, elétricas e de automação, foram escolhidas de modo a optar por elementos comerciais, de fácil acesso, o que contribuiu para a obtenção de um aparelho funcional, de fácil construção e baixo custo.

Uma das variáveis importantes para impedir a proliferação de fungos é a temperatura que atingiu o valor configurado (35 °C) em 40 minutos após ligar a estufa, conforme exibe a Tabela 1. Importante notar a estabilidade desta variável, que após atingir 35 °C, manteve este valor durante todo o teste, mostrando que a potência da lâmpada escolhida foi suficiente para a aplicação.

Em relação à umidade, houve uma redução de 57%, atingindo um valor de 26% conforme mostrado na Tabela 1. Porém, o valor desejado para a umidade do ar no interior da estufa não foi atingido, que era de 10%. Por isso, melhorias no projeto serão implementadas para que seja possível alcançar valores de umidade mais baixos. As alterações a serem estudadas são: o aumento da quantidade de sílica gel e/ou o incremento na potência do cooler.

Conclusão

O projeto apresenta uma alternativa para a construção de uma estufa de fácil montagem, com elementos mecânicos, elétricos e de automação comerciais e de baixo custo. Apesar de não ter atingido completamente o valor da umidade de 10%, ainda sim, é obtida uma redução da chance de surgimento de colônias de fungos nas lentes dos microscópios, já que a temperatura foi mantida em 35 °C dentro da estufa. Com isso, evita-se transtornos futuros com limpeza de lente, permitindo aumentar a vida útil do equipamento. E com o modelo de porta adotado para este equipamento, elimina-se a necessidade da retirada do microscópio óptico de dentro da estufa, tornando o conjunto operacional. É importante ressaltar que o custo total em materiais para a construção deste projeto foi de R\$ 419,42. O custo de uma única limpeza de lentes por uma empresa especializada é em torno de R\$ 1.300,00.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Congonhas, por contribuir com o desenvolvimento deste projeto de pesquisa aplicada.

Referências

- ASP, Anders J. *et al.* A Low-Cost Humidity Control System to Protect Microscopes in a Tropical Climate. **Annals of Global Health**, v. 86, n. 1, p. 16, 13 fev. 2020.
- BARIK, Lalbihari. IoT based Temperature and Humidity Controlling using Arduino and Raspberry Pi. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)**, v. 10, n. 9, 2019.
- CORDERO, Ismael. Fungus: how to prevent growth and remove it from optical components. **Community Eye Health**, v.. 26, n.. 83, p. 57, 18 nov. 2013.
- DANNEMILLER, Karen C.; WESCHLER, Charles J.; PECCIA, Jordan. Fungal and bacterial growth in floor dust at elevated relative humidity levels. **Indoor Air**, v. 27, n. 2, p. 354-363, mar. 2017.
- IZQUIERDO-GIL, María Amparo; BARRAGÁN, V. María; VILLA-LUENGA, Juan Pedro García. Estimation of the filament temperature of an incandescent lamp from an energy balance in steady-state conditions. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, 4 abr. 2020.
- MORIMOTO, Tetsuo; HASHIMOTO, Yasushi. An intelligent control for greenhouse automation, oriented by the concepts of SPA and SFA — an application to a post-harvest process. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 29, n. 1-2, p. 3-20, out. 2000.
- RUPOLLO, Galileu *et al.* Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.
- SCHIAVON, Rafael Almeida *et al.* Arduino uma tecnologia de baixo custo para a termometria de grãos armazenados. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 18825-18839, out. 2019.
- SHAMSHIRI, Ramin *et al.* Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban

agriculture. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 1, p. 1-22, 2018.

SIDDIQUI, Muhammad Faizan *et al.* Automation and monitoring of greenhouse. *In: 2017 International Conference on Information and Communication Technologies (ICICT)*. Karachi, dez. 2017.

TORQUATO, Amanda Laurentino. **Análise do comportamento fúngico em uma célula experimental de resíduos sólidos urbanos da cidade de Campina Grande-PB**. 2014. 68f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

10. A GESTAÇÃO DA TERRA E O IDEALISMO POÉTICO NA COMPOSIÇÃO DE “VOU-ME EMBORA PRA PASÁRGADA” E “POEMA PARA UM AMOR FUTURO”

Ana Calline Teixeira Vital

*“Serei então irmã gêmea da Terra,
Carregando em mim o mistério da vida”*
(Noémia de Sousa)

Introdução

A idealização sobre a existência de alguém ou um lugar perfeito para se viver e amar no futuro é a principal temática que perpassa os poemas “Vou-me embora pra Pasárgada”, do poeta brasileiro Manuel Bandeira, e “Poema para um amor futuro”, da poeta moçambicana Noémia de Sousa. Além da temática do outro e do espaço ideal, essas duas obras também se conectam de maneira mais profunda. Ao serem comparadas, evidenciam o espaço da escrita enquanto um lugar de embates, contradições, resistência e forte desejo revolucionário.

Em uma apresentação panorâmica sobre o processo de escrita independente e projetos literários em países africanos de língua oficial portuguesa, Tania Macêdo (2008) discorre sobre uma escrita revolucionária africana muita parecida com a manifestada no Brasil desde a primeira fase do Movimento Modernista. Tanto no Brasil, quanto

nos países africanos, essa escrita aconteceu, primeiramente, através da contraposição entre moldes preestabelecidos pela cultura colonizadora e o desejo de resgate das raízes por meio da aquisição de uma consciência nacionalista. Nas palavras da pesquisadora, trata-se da constituição de “uma face de um projeto ideológico” (Macêdo, 2008, p. 126). Portanto, para que seja possível analisar a poesia africana em interseção com a poesia brasileira do século XX, é indispensável que sejam consideradas as tensões criadas pelo colonialismo.

Assim, um dos principais aspectos que aproximaram o sujeito poético brasileiro do africano de língua portuguesa foi, justamente, o processo da colonização estabelecida por Portugal nesses países. Além disso, em ambos os contextos nacionais, o processo da escrita foi – e continua sendo – um ato revolucionário de (re) descoberta do próprio país.

Este capítulo propõe, então, uma leitura dos poemas supracitados tendo em vista a perspectiva de diferentes modos de ocupar a Terra e os tensionamentos entre colonizador e colonizado, a partir do processo de produção literária no Brasil e em Moçambique, que se contrapõe à cultura colonizadora. Portanto, a tese que irá nortear esta análise será a de que se processa nos poemas uma dialética de aproximação por meio da figura materna. Tal elemento está configurado no texto poético por meio do signo da “terra” e funciona como processo de idealização de uma nova nação e/ou identidade nacional.

1. O colonizador de Pasárgada

“Vou-me embora pra Pasárgada” é um dos poemas que compõem a obra *Libertinagem* (1930), do poeta modernista Manuel Bandeira. É importante destacar o contexto histórico vivido pelo Brasil nesse período. Bandeira integra a primeira geração do Modernismo brasileiro e transita para a segunda fase, que se estende de 1930 a 1945. Esse intervalo foi marcado por intensos conflitos sociais e políticos,

como a Revolução de 1930, a Revolução Constitucionalista de 1932 (ocorridas durante a Era Vargas) e a Segunda Guerra Mundial.

Em meio a esses eventos, escritores, pintores e outros artistas passaram a questionar, por meio de suas criações, a realidade e os problemas sociais. Assim, é possível observar a conexão entre os acontecimentos históricos e as condições que influenciaram a produção de discursos nesse período. De acordo com Arrigucci Jr., especificamente, na poesia de Manuel Bandeira, os reflexos desse contexto são desenhados por meio da simplicidade, coloquialidade e da liberdade utópica (Arrigucci Jr., 1990, p. 15).

Diante dessas características, o poema “Vou-me embora pra Pasárgada” tem como elemento principal um lugar ideal, diante dos desejos do eu lírico, que por vezes se mistura os sentimentos do próprio poeta. Como o próprio Bandeira relatou no texto “Biografia de Pasárgada”:

Foi o poema de mais longa gestação em toda a minha obra. Vi pela primeira vez esse nome de Pasárgada quando tinha os meus dezesseis anos e foi num autor grego [...] Esse nome de Pasárgada, que significa “campo dos persas”, suscitou na minha imaginação uma paisagem fabulosa, um país de delícias [...] mais de vinte anos depois, quando eu morava só na minha casa da Rua do Curvelo, num momento de fundo desânimo, da mais aguda sensação de tudo o que eu não tinha feito na minha vida por motivo da doença, saltou-me de súbito do subconsciente esse grito estapafúrdio: “Vou-me embora pra Pasárgada!” (Bandeira, 1957, p. 7-8).

Logo, Pasárgada é como um lugar de refúgio, liberdade e acolhimento, para onde se almeja estar. Os dêiticos de espaço estão presentes no poema por meio do movimento de contraposição entre *lá* e *aqui*. Essa tensão apresenta as justificativas para ir embora

e não continuar onde está. *Aqui* é um lugar de insatisfação e *lá* é o lugar ideal para viver, conforme lemos em:

Vou-me embora pra Pasárgada
Lá sou amigo do rei
[...]
Aqui eu não sou feliz
(Bandeira, 1930, grifos nossos)

Diante dos motivos apresentados para a partida, produz-se um tom de nostalgia, pois o leitor tem a impressão de que esse lugar já é conhecido pelo eu lírico, que ao lembrar de Pasárgada, projeta-o como se já tivesse experimentado esse *lá*. Essa interpretação é evidenciada pela presença dos verbos no presente do indicativo em primeira pessoa: sou, tenho, deito, mando.

Quase não há verbos flexionados no passado, mas a cena construída com verbos no futuro do presente produz o efeito de distintos planos temporais, que acompanha recordações da infância. Engendrando, assim, uma ideia afetiva sobre o lugar já conhecido, pois é também um lugar que remete à memória, como pode ser visto nos versos:

[...]
Tomarei banhos de mar
E quando estiver cansado
Mando chamar a **mãe-d'água**
Para me contar as histórias
Que **no tempo de eu menino**
Rosa vinha me contar
(Bandeira, 1930, grifos nossos)

Por meio desse jogo temporal, é possível perceber que Pasárgada é um lugar para onde o eu lírico deseja voltar e não apenas ir. Logo, infere-se que esse é um lugar conhecido pelo sujeito

poético. Além das estratégias temporais percebidas pelo modo em que os verbos são conjugados, outro elemento que aponta lembranças do passado é a presença de figuras femininas produzindo um efeito de conforto maternal.

Ao longo do poema, imagens relacionadas à mulher aparecem sete vezes, sem contar com a própria imagem de Pasárgada, que também pode representar esse *eu* feminino. Essas imagens estão intimamente ligadas a uma espécie de alento materno. É para o colo maternal que o sujeito poético deseja ir quando está infeliz. Sobretudo pelo tom que anuncia o retorno para esse mundo de plenitude em que não existem amarras morais, mas também pela analogia construída desse lugar associado à figura feminina, é que há possibilidade de perceber Pasárgada enquanto o próprio útero materno encenado no poema.

Durante a gravidez até o nascimento, o corpo da mulher é o campo de onde o indivíduo absorve tudo o que é necessário para a sua formação e sobrevivência. A ausência de pontuação no poema e os verbos “montarei”, “subirei”, “tomarei” causam um efeito de movimento, que podemos associar ao desejo do eu lírico se movimentar, de forma livre, da mesma maneira que um bebê se movimenta dentro da barriga de sua mãe.

A partir dessa análise, podemos deslocar tal interpretação para o espaço social que contextualiza a construção imagética do poema. No campo uterino, o indivíduo possui liberdade plena de movimentação e exploração do espaço habitado e que, historicamente, nas sociedades, podemos comparar aos processos de colonização europeia.

De acordo com Alfredo Bosi, “a colonização é um projeto totalizante cujas motrizes poderão sempre buscar-se no nível do *colo*: ocupar um novo chão, explorar seus bens, submeter os seus naturais” (Bosi, 1992, p. 15, grifo nosso). É possível observar que o desejo do eu lírico de “Vou-me embora pra Pasárgada” é partir

para uma espécie de paraíso perdido pronto para ser explorado, de acordo com seus ideais.

No verso “Mando chamar a mãe-d’água” podemos interpretar que o sujeito poético não habitará esse lugar sozinho, mas participará de um universo de relações intersubjetivas. De acordo com Aníbal Quijano, essa relação pautou o processo de dominação do colonialismo, que se beneficiou de aspectos intelectuais dos sujeitos colonizados (Quijano, 2005, p. 121). Desse modo, reforça-se a ideia de que o eu lírico representa a figura do colonizador, que apenas usufrui do que já há nesse espaço.

Ainda sobre o verso supracitado, existe a figura folclórica de entidade feminina, além da pessoa que irá chamá-la, que representam as figuras dominadas e que fazem parte da teia intersubjetiva almejada pelo eu lírico. Para o folclorista Câmara Cascudo (2012), a Mãe d’Água é um mito morfológicamente europeu, do ciclo atlântico, que, em contato com o mito da Yara na cultura indígena, ganhou roupa-gem tipicamente brasileira (2012, p. 370). Para além disso, nos versos “Para me contar as histórias / Que no tempo de eu menino / Rosa vinha me contar”, tem-se o forte apelo da oralidade, que também está ligado à infância. Sobre isso, Câmara Cascudo discorre que

as lendas entre todos os povos são a tradição viva do pensamento primitivo e do desenvolvimento intelectual das épocas de sua origem. Entre alguns constitui a base dos contos populares, com que se embala a infância, inoculando assim a superstição, que tarde ou nunca se apaga do espírito, quando uma instrução sólida e a observação não educam o daquele que tem o mais fraco (Cascudo, 2014, p. 17).

Assim, infere-se que os mitos e as contações de história fazem parte do desenvolvimento do sujeito. Além disso, a contação de histórias é uma atividade própria de incentivo à imaginação entre o

fictício e o real (Rodrigues, 2005, p. 4) e as primeiras histórias são contadas ainda no seio materno.

A partir dessa perspectiva, é possível relacionar a imagem associada à figura feminina diretamente ao útero/colo, que nessa leitura está associada à ideia de terra a ser colonizada ou uma nova forma de ocupar a terra.

Dessa maneira, a análise proposta é de que o elemento espacial configurado no poema representa o útero materno. E o processo de colonização é representado pela cena construída pelo desejo de liberdade, ao mesmo tempo que explora tudo que há *lá*.

2. Campo de luta e corpo adubado

O outro polo da relação dialética de colonizador e colonizado pode ser analisado em “Poema para um amor futuro”, da poeta moçambicana Noémia de Sousa. A autora viveu em um contexto histórico de profundas transformações sociais e políticas, não só em Moçambique, mas em todo o continente africano. Noémia participou ativamente dos movimentos de militância pela independência do seu país, em todos os aspectos.

Em “Poema para um amor futuro” tem-se a ideia de que a poesia encena a gestação de um amor ideal, ao mesmo tempo que gesta o desejo de poder habitar a terra a partir do pensamento decolonial. Para isso, é importante considerar que a obra de Noémia de Sousa compõe o sentimento de esperança unido à alteridade. Assim, sua poesia movimenta-se mutuamente na relação enunciativa entre o eu e o outro. Logo, esta leitura não foca apenas do que o eu lírico diz, mas para quem diz e de que forma. Desse modo, podemos perceber como o poema habita tanto o espaço da literatura quanto o espaço das lutas sociais.

O eu lírico é caracterizado por uma voz feminina que se dirige para um amor que só existe no espaço da idealização.

No entanto, ainda que esse “amor” não exista na forma física, a força do desejo e a descrição detalhada das características físicas e psicológicas desse indivíduo possibilitam que o leitor também consiga enxergá-lo. Isso acontece porque o espaço histórico construído no poema, mesmo que genérico, é familiar, remete às cenas bucólicas e nostálgicas que habitam o imaginário coletivo.

Além disso, o poema é escrito em forma de carta. Isso fica claro logo no título, por meio da preposição “para”, que pressupõe endereçamento. No primeiro momento, é possível imaginar que se trata de uma espécie de carta de amor convencional, mas aos poucos, o poema vai adquirindo elementos culturais repletos de contraposições a uma cultura preestabelecida. E seguindo esse fio, o amor idealizado vai tomando forma.

A formação desse ser idealizado no imaginário do sujeito poético, contrapõem-se aos traços da cultura colonizadora e, aos poucos, o corpo e a idealização desse futuro amado vão sendo desenhados em contato com a identidade do próprio eu lírico. Percebemos essa contraposição logo nos primeiros versos:

Um dia
– não sei quando nem onde –
das névoas cinzentas do futuro,
ele surgirá, envolto em mistério e magia
– o homem que eu amarei.
Não será herói de livro de fantasia,
príncipe russo
actor de cinema
ou milionário com saldo no Banco.
Não.
[...]
(Sousa, 2001)

No verso “Não será herói de livro de fantasia” temos a clara referência às histórias canônicas de narrativas épicas do norte global. Nessas narrativas, temos a imagem de um herói que salva a pátria – a terra – de um contexto terrível, ou atua no enaltecimento de sua nação. As benfeitorias de um grande homem podem transpassar fronteiras, como ilustra a grande epopeia *Os Lusíadas*, de Luís Vaz de Camões, que tinha como herói o navegador Vasco da Gama. Nesse sentido, aqui o viés antropofágico surge no sentido de contradição à cultura do outro.

Além disso, de acordo com Joana Valente, a cultura do “felizes para sempre” povoa o imaginário coletivo e é reconhecida pelas características de passividade, obediência e vulnerabilidade da mocinha (Valente, 2013, p. 54). Esses atributos ainda contrastam com a figura masculina de um herói, que é guerreiro, corajoso e forte. Não é esse o padrão de companheiro que o sujeito poético de Noémia de Sousa busca. O amor ideal nesse poema é alguém que luta igualmente junto pelos mesmos ideais, sem distinção de gênero, raça ou classe.

Por isso, os grandes feitos de liberdade sugeridos nos sistemas narrativos hegemônicos não representam os anseios no contexto colonial de Moçambique até a metade do século XX. A mesma ideia segue no verso “príncipe russo”, em que o eu lírico se opõe também ao modelo de sistema político hegemônico, que chega em Moçambique com os primeiros colonos. Segundo o pesquisador moçambicano José Luís Cabaço, esse sistema refletia relações de poder inspiradas no feudalismo português, tanto no contexto de trabalho, quanto no contexto de formação familiar (Cabaço, 2007, p. 75).

Seguindo o fio da contraposição, o verso “actor de cinema” apresenta, especificamente, a renúncia à cultura hegemônica. A figura do ator mostra certo *status* pelo valor e pelo fato de o cinema reproduzir padrões que não refletem e nem se amparam na cultura africana. O eu poético procura por alguém que esteja mais ligado à cultura nativa de Moçambique.

Para fechar a primeira parte da missiva poética, o verso “ou milionário com saldo no Banco” representa a oposição ao sistema econômico capitalista, que foi o modelo levado pelos colonizadores da Europa Ocidental às colônias. Assim como na América Latina, esse modelo baseado no capital, como bem argumentou Aníbal Quijano, esmagou as tradições e a memória cultural dos povos africanos (Quijano, 2005, p. 120). Logo, tomados de um ideal revolucionário, as militâncias moçambicanas passaram a questionar também as mazelas do capitalismo após gerações de exploração da terra.

A formação desse ser também mostra que ele está ligado ao eu lírico em corpo, mas também espiritualmente, quando enuncia o verso “sua alma será irmã minha”. Vemos aqui a construção de uma ligação familiar, que é reforçada pelo verso seguinte: “da mesma seiva gene-rosa”. Essa visão remete ao elemento vital humano: o sangue. Além de carregar a vida e o DNA, a partir da perspectiva do sangue, não temos distinção de raças, categoria criada durante o processo de colonização para dividir a humanidade (Quijano, 2005, p. 117).

E diante dessa ligação corpórea e afetiva entre o *eu* e o *outro* ideal, podemos apontar, dentro do recorte proposto nesta leitura, a imagem de uma mãe em gestação de um filho. Infere-se isso, pois, somente um filho gerado no ventre pode estar ligado tão intimamente ao corpo e à alma de uma mulher.

A ideia de gestação é reforçada pela relação do corpo enquanto elemento terra, que é apresentado como “campo de luta” e “corpo adubado”:

[...]

Quando a paz descer sobre o **campo de luta**

Poderei enfim

Dar-me completamente

[...]

E meu **corpo adubado** de ânsias,

Abrir-se-á charrua do seu desejo,

A semente do seu amor.

[...]

(Sousa, 2001, grifos nossos)

Corpo e campo participam de um jogo polissêmico, em que há alternância no sentido das palavras. “Campo de luta” pode ser entendido como o próprio território nacional de Moçambique, espaço em que, naquele momento, se travava confrontos físicos pela independência. O jogo é estabelecido com o verso “e meu corpo adubado de ânsias”, que metaforiza a ideia de força com o verbo adubar. Sabemos que se aduba a terra para o fortalecimento dos nutrientes do solo. Logo, a ideia de ter um corpo adubado elucida a noção de um corpo fortalecido e preparado, que também ilustra a ideia de fertilização.

Desse modo, os signos de campo e corpo remetem a espaços não só de preparo e fortalecimento, mas também de fecundação, como percebemos nos versos: “Abrir-se-á charrua do seu desejo” e “A semente do seu amor”. Esses versos dialogam com o exercício de plantar, pela presença de referências agrícolas de “charrua” e “semente”. Essas palavras inseridas na composição do poema remetem ao ato da fecundação do próprio corpo feminino para o início de uma gestação, pois charrua está associado ao arado da terra e à preparação para que a semente seja depositada.

Além disso, consequentemente, o jogo de sentidos entre campo e corpo referenciam também às noções de cultivo, morada, transformação, nascimento e luta. Considerando *corpo* um elemento territorial assim como *campo*, refletimos sobre a natureza política desses espaços. Essa leitura dialoga com a concepção de Milton Santos (1988) sobre a sociedade configurar enquanto “o ser” e o espaço ser “a existência”. O geógrafo completa:

O ser é metamorfoseado em existência por intermédio dos processos impostos por suas próprias determinações, as

quais fazem cada forma como uma forma-conteúdo, um indivíduo separado capaz de influenciar a mudança social (Santos, 1988, p. 43-46).

À luz dessa perspectiva, consideramos que corpo e espaço são elementos políticos indissociáveis para a luta pelas causas coletivas e pelo direito de existir. Ademais, de acordo com Alfredo Bosi, “luta é material e cultural ao mesmo tempo: logo é política” (Bosi, 1992, p. 33). Assim, podemos pensar em luta como o direito de habitar e preservar a cultura do povo que ali existe.

Nesse sentido, é possível pensar que esse corpo poético e esse campo estão sendo preparados para a independência de Moçambique. Considerando a luta coletiva, podemos ler esse poema pela seguinte ótica: o amor idealizado não representa somente um homem ou um filho, mas também um despertar ideológico para a consciência nacional.

Para pensarmos como esse despertar ideológico está configurado no poema, retomemos à imagem da gestação. Outro recurso que reforça essa leitura é a repetição do fonema /m/, que se repete com maior intensidade do final da primeira estrofe do poema até a terceira. Veja:

[...]

Suas **mãos** como as **minhas**
Estarão calejadas do dia a dia
E os seus olhos terão reflexos de aço
Como os **meus**
Sua **alma** será **irmã** **minha**
Com a **mesma** angústia e o **mesmo** amor
Com o **mesmo** frio e a **mesma** esperança
E do seu pescoço estará suspenso, **como** do **meu**
O marfim do **mesmo** amuleto.

[...]

(Sousa, 2001, grifos nossos)

Por ser um fonema bilabial nasal formado pelo movimento da boca que se abre, é possível analisar esse efeito enquanto duas partes que cooperam para que haja o parto da palavra, que já nasce carregada de uma ideologia. Pensando na construção metafórica do poema, podemos supor que essas duas partes colaborativas que trabalham em prol de algo maior são os lábios. E a dualidade dos lábios, podemos associar às figuras de homem e mulher ou mãe e filho. Signos que, no momento de fecundação e gestação, assumem caráter indissociável.

Além disso, a consoante “m” repetida também evoca as palavras *mulher*, *mãe* e *Moçambique*, que constroem, novamente, o jogo polissêmico entre os signos *corpo*, *campo* e *terra*. Já fizemos a relação figurativa de campo sendo associado ao corpo da mulher, que se prepara para a maternidade como um campo fecundo, onde a semente germina, cresce e dá frutos. Esse sentido segue nos versos:

[...]

Serei então **irmã gêmea da Terra**,
carregando em mim o mistério da vida,
machamba aberta à chuva benéfica
e ao sol **fecundo** do seu amor.

[...]

(Sousa, 2001, grifos nossos)

No primeiro verso desse trecho, temos o recurso da idealização comparativa, em que o sujeito poético se iguala à Terra, reforçando a leitura supracitada sobre a relação entre corpo e campo. Os versos seguintes também se relacionam com essa ideia de maternidade. Em “carregando **em mim** o mistério da vida” vemos a clara imagem do filho sendo gerado no ventre. Além disso, há a presença do elemento “machamba”, que necessita da chuva e do sol para o desenvolvimento da semente e do plantio. Seguindo o fio:

[...]

E quando **em mim** se fizer o milagre,
quando do **meu grito de morte**
surgir a vitória máxima da vida,
ah, então eu estarei completa.
Mas só depois da paz **descer sobre o meu campo da luta**,
antes disso, não.

[...]

(Sousa, 2001, grifos nossos)

Surge novamente a expressão “em mim”, que remete a algo interno, dentro do eu lírico, que é chamado de *milagre*, popularmente associado à capacidade que o corpo tem de gestar. E então, aparece a imagem do parto com a dualidade de morte e vida, primeiro com “meu grito de morte”, que sugere a dor das contrações e do parto em si. Em seguida, o verso “surgir a vitória máxima da vida” que ilustra o nascimento e o sentimento de alívio após a dor. A imagem simbólica do parto fica por conta do recorte do verso “[...] descer sobre o meu campo da luta”. O verbo “descer” simboliza a verticalidade do corpo e ao fato de o bebê nascer, gravitacionalmente, a partir do sentido dos pés da mãe: em direção à Terra.

Após a descrição física e psicológica do amor ideal e a construção da imagem gestacional e do parto, o sujeito poético muda o tom reflexivo, direcionando agora a sua voz para um enunciatário: o ser idealizado. Os versos endereçados seguem assim:

[...]

Por isso, amor que não conheço,
nada mais me peças enquanto não for terminada a obra.
Enquanto ela durar,
não poderei ser tua completamente,
porque me dei, inteira,
a este sonho que tudo apouca.
Para ti irão apenas os breves momentos de tréguas,

o calor que me sobrar da fogueira de todos.
Mas quando da noite desumana
surgir a manhã que **construímos**, lado a lado,
quando nossa Mãe África nos estender seus pulsos libertos
quando a calma descer sobre a casa que **edificámos**,
então seguiremos, na luz clara desse Sol maravilhoso,
nosso destino natural de Homem e Mulher
e dos seus gritos de morte
nossos filhos poderão nascer então,
num mundo de justiça.
[...]
(Sousa, 2001, grifos nossos)

Esse trecho evidencia não só o direcionamento da mensagem, mas também traz elementos que lembram um manifesto oralizado. Primeiro, pela construção narrativa esperançosa sobre um futuro sonhado. Além disso, presença do signo “Mãe África” localiza o leitor sobre o contexto e possíveis ambiguidades da palavra mãe, como já elucidamos aqui. E, nos versos finais desse trecho, percebemos o eu lírico assumindo uma voz pluralizada, por meio dos verbos conjugados na primeira pessoa do plural e pela escolha dos pronomes *nos*, *nossa*, *nosso*, *nossos*.

Para mais, ao assumir uma voz pluralizada, repentinamente, sugere-se também um tom de linguagem oral e não mais apenas escrita. É valido refletir sobre a característica acústica do poema pelo histórico cultural de Moçambique concebido na oralidade. José de Sousa Miguel Lopes defende o grande valor do que ele designou como cultura acústica de Moçambique. Segundo o autor, essa é a “cultura que tem no ouvido e não na vista seu órgão de recepção e percepção por excelência” (Lopes, 2023, p. 26). Por isso, a leitura do poema pela perspectiva da oralidade não pode ser desconsiderada.

A partir dessa ideia, podemos pensar em uma voz com viés de manifesto, de um discurso dito em praça pública para um grupo

maior de pessoas. Essa hipótese é reforçada justamente pelo uso dos pronomes possessivos na primeira pessoa do plural e dos verbos conjugados também na primeira pessoa no plural. Esses pontos caracterizam a capacidade de sujeitos poético e extrapoéticos se relacionarem no espaço da alteridade e da partilha pelos mesmos ideais manifestados no poema.

Em consonância com a oralidade, esses versos e a última estrofe também reforçam o caráter epistolar do poema mencionado no início desta análise.

[...]

Para meu amor futuro, que me completará,

para esse amor distante

escrevi **este poema**.

Que tu o leias um dia, amor que não conheço,

quando me surgires, **embrulhado em mistério**,

e minha alma e meu corpo

palpitarem de reconhecimento — és tu!

Que aquele que amarei o leia

e me leia, **neste poema que lhe escrevi**.

(Sousa, 2001, grifos nossos)

A última estrofe e o próprio título evidenciam o caráter metaficcional do poema, traço esse que corrobora para o tom de manifesto pela retomada do conteúdo em “este / neste poema”. Assim, sugere a ideia do metapoema ser uma espécie de carta aberta à geração futura — o enunciatário/destinatário da mensagem. Dessa forma, sustenta-se a ideia de que o poema não é somente uma construção estética, mas também instrumento de resistência pela luta por liberdade.

Por fim, a voz no poema atua como um elo da coletividade por meio do corpo que, historicamente, foi depreciado pelos efeitos da colonização. Tal corpo, esteticamente configurado, busca se rees-

tabelecer a partir do nascimento de uma nova consciência coletiva que reivindica a terra por meio da poesia anticolonial.

Considerações finais

Tanto o sujeito poético brasileiro, quanto o africano habitam, no espaço da escrita, dois outros espaços distintos em constante embate: o espaço marcado pela herança devastadora da colonização. Ambos ocupam o espaço da terra manifestada pela idealização e pelo desejo de habitar de forma diferente da que está posta. Assim, os poemas expressam novas possibilidades e formas de morar, trabalhar e/ou usufruir.

O eu lírico construído por Manuel Bandeira é analisado neste texto como um colonizador modernista, antropófago, e com forte ideal primitivista. No entanto, esse *eu* também pode ser percebido como uma crítica irônica feita pelo poeta acerca do colonialismo e eurocentrismo, que por muito tempo influenciou totalmente a produção artística e literária no Brasil.

Em contradição a esse sujeito engendrado por Bandeira, o eu lírico de Noémia de Sousa encena um novo modo de ocupar a terra após as mazelas deixadas pela colonização. Nessa leitura, a ideia da gestação está intimamente ligada à recuperação da identidade nacional. Por fim, a gestação encenada também reflete sobre a dialética de morte e vida, pois para que nasça um filho ou uma nova consciência, é preciso o ciclo de idealização, fecundação, espera, luta, dor e a morte do que se foi. Só assim será possível (re)nascer.

Referências

ARRIGUCCI JR., D. **Humildade, paixão e morte:** a poesia de Manuel Bandeira. São Paulo: Companhia das Letras, 1990.

BANDEIRA, Manuel. **Libertinagem.** Rio de Janeiro: Pongetti, 1930.

BANDEIRA, Manuel. **Itinerário de Pasárgada**: de poetas e de poesia. 2. ed. Rio de Janeiro: Livraria São José, 1957.

BOSI, Alfredo. **Dialética da colonização**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

CABAÇO, José Luís de Oliveira. **Moçambique**: identidades, colonialismo e libertação. 2007. 475f. Tese (Doutorado em Antropologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASCUDO, Luís da Câmara. **Dicionário do Folclore Brasileiro**. 12. ed. São Paulo: Editora Global, 2012.

CASCUDO, Luís da Câmara. **Antologia do folclore brasileiro**. Volume 1. São Paulo: Global, 2014.

LOPES, José de Sousa Miguel. **Cultura acústica e letramento em Moçambique**: em busca de fundamentos antropológicos para uma educação intercultural. São Paulo: EDUC – Editora da PUC-SP, 2023.

MACÊDO, Tania Celestino de. A presença da literatura brasileira na formação dos sistemas literários dos países africanos de língua portuguesa. **Via Atlântica**, n. 13, p. 123-152, 2008.

QUIJANO, Aníbal. **Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina**. Buenos Aires: Clacso, 2005, v. 233.

RODRIGUES, Edvânia Braz Teixeira. **Cultura, arte e contação de histórias**. Goiânia: Atlas, 2005.

SANTOS, Milton. O espaço geográfico como categoria filosófica. **Terra Livre**, n. 5, 1988.

SOUSA, Noémia de. **Sangue Negro**. Maputo: AEMO, 2001.

VALENTE, Joana Isabel Dias Romeiro. Princesas de ontem e de hoje: feminilidade e desconstrução dos estereótipos. **Aprender**, p. 54-60, 2013.

11. CONTROLE DA MAGNITUDE DO EFEITO BAUSCHINGER EM ARAME DE AÇO ULTRABAIXO CARBONO

Felipe Farage David

Rafael de Oliveira Cordeiro

Luan Marcel Costa Vasconcelos

Ben Dêivide de Oliveira Batista

Frank de Mello Liberato

Adilson Rodrigues da Costa

Introdução

O processo de conformação mecânica a frio em metais inicialmente recozidos, eleva a resistência mecânica e reduz a ductilidade. Exemplos típicos são a microlaminação a frio e a trefilação de fio máquina (El Amine; Larsson; Pejryd, 2018). Para restaurar essas propriedades mecânicas, usualmente são utilizados processos termicamente ativados, como o tratamento térmico de recozimento. No entanto, tratamentos térmicos são onerosos e implicam em significativo impacto ambiental, por consequência da queima de combustíveis fósseis (como gás natural) ou a utilização de chumbo líquido, que são meios de fornecimento de energia térmica para realizar o aquecimento do arame (Enghag, 2009). Com isso, surge a necessidade de se encontrar alternativas mais sustentáveis do ponto de vista ambiental e de menor custo para que seja realizado o alívio de tensões em arames de aço. Uma alternativa estudada que satisfaz as duas condições supracitadas, é promover o alívio

de tensão por meio do controle de um fenômeno microestrutural denominado efeito Bauschinger.

O efeito Bauschinger ocorre quando é realizado um carregamento cíclico no metal ou liga metálica, que promove a diminuição da resistência mecânica e o aumento da sua ductilidade (Boger *et al.*, 2005; Buciumeanu *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2014; Ellermann; Scholtes, 2011). Muitos estudos foram desenvolvidos para explicar este fenômeno. Observações em escala microscópica de alta resolução confirmam que a restauração da plasticidade do metal ocorre por consequência do rearranjo das deslocações em uma estrutura de subgrãos e, em alguns casos, devido à redução da densidade das deslocações (Figueiredo *et al.*, 2010).

Este fenômeno é considerado deletério para a maioria dos aços (Hemmerich *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2019; Alexandrov *et al.*, 2020), uma vez que essas mudanças de propriedade mecânica ocorrem sem controle de sua magnitude. Em contrapartida, uma vez controlada a intensidade deste fenômeno, é possível utilizá-lo para adequar as propriedades mecânicas finais do aço, tais como, limite de escoamento, limite de resistência e alongamento uniforme.

Diversas técnicas vêm sendo aplicadas para promover o efeito Bauschinger nos metais, sendo as mais usuais as técnicas de tração/compressão uniaxial (Yoshida; Uemori; Fujiwara, 2002; Harjo *et al.*, 2020; Toribio *et al.*, 2020), torção cíclica (Liu *et al.*, 2015; Elliot *et al.*, 2004; Correa *et al.*, 2003) e flexão cíclica (Schilli *et al.*, 2021; (Figueiredo *et al.*, 2010). Em todas estas técnicas são aplicados carregamentos cíclicos no metal ou liga metálica de modo que, de ciclo para ciclo, a tensão de escoamento, que determina a entrada no regime plástico, vai diminuindo gradualmente. Efeitos semelhantes ocorrem, usualmente, quando há uma mudança significativa no caminho de deformação plástica, caracterizando o efeito Bauschinger (Ha; Lee; Barlat, 2013; Verma *et al.*, 2010; Tarigopula *et al.*, 2008).

Dentre as técnicas mencionadas, as de tração/compressão e torção cíclica são difíceis de implementar industrialmente. Por outro lado, a flexão cíclica é comum na prática industrial, e pode ser observada no bobinamento, desbobinamento e endireitamento de produtos planos e longos (Enghag, 2009; Figueiredo *et al.*, 2010). Dessa forma, a flexão cíclica pode ser implementada no final da linha de produção da microlaminação a frio e/ou trefilação para restaurar parcialmente a plasticidade do metal.

Porém, para que esse sistema possa ser implementado de maneira efetiva, na indústria, existe a necessidade da construção de modelos que descrevam a variação da resistência mecânica e plasticidade em função das variáveis operacionais da flexão cíclica. Para tanto, o uso do AIC (Akaike, 1973) apresenta-se como um importante critério para a seleção de modelos. A seleção do modelo se caracteriza como uma etapa fundamental, pois um modelo subajustado pode não capturar a verdadeira natureza da variabilidade na variável resposta e, por conseguinte, tenderá a ter um desempenho preditivo de baixa qualidade. Por outro lado, um modelo superajustado perde generalidade e contém mais parâmetros do que podem ser justificados pelos dados experimentais (Snipes; Taylor, 2014). Sendo assim, o AIC é um eficiente avaliador de qualidade do ajuste, capaz de selecionar o modelo que melhor equilibra essas desvantagens. Antecipadamente, é realizado o estudo de análise de variância (Anava) em conjunto com análise de regressão, para determinar a significância entre coeficientes das variáveis preditoras (número de polias e diâmetro das polias) e o resultado de interesse (diâmetro do arame, limite de escoamento, limite de resistência e alongamento uniforme).

Este trabalho é uma contribuição para o entendimento do macroscópico da tensão-deformação do arame de aço após a aplicação da flexão cíclica, sendo discutidas as variações da resistência mecânica. Portanto, o objetivo foi analisar os efeitos da flexão cíclica na resistência mecânica do arame microlaminado a frio, de

modo a controlar a magnitude do efeito Bauschinger. Assim, este estudo possibilitou controlar a intensidade da recuperação plástica dos aços que foram submetidos a altas taxas de deformação a frio. Industrialmente, isso significa que, poderá ser utilizado o controle deste efeito para alterar a resistência mecânica e a plasticidade do arame de aço, abrindo possibilidades para se estudar e propor novos caminhos de produção com ganhos em relação à sustentabilidade ambiental e produtiva, e ainda com reduções de custo. O ineditismo deste trabalho é evidenciado se obter, por meio da flexão cíclica, o controle da magnitude do efeito Bauschinger em arames de aço, resultando em equações, gráficos de superfície de resposta e de contorno que demostram, de maneira clara, tal controle.

1. Metodologia

Para os experimentos, foi utilizado um arame de aço ultrabaixo carbono com diâmetro de 1,25 mm e grau de redução a frio de 95%. A composição química, em porcentagem em peso, é mostrada na Tabela 1 e as propriedades mecânicas, obtidas por meio do ensaio de tração, são apresentadas na Tabela 2. Fica evidente que o arame exibe alto nível de encruamento, uma vez que o alongamento uniforme é relativamente baixo.

Elemento	C	Mn	Si	P	S	Ti	Nb
Composição (%)	0,002	0,20	0	0,009	0,006	0,012	0,013

Tabela 1. Composição química (% em massa) do arame de aço

Fonte: Os autores (2023).

Diâmetro (mm)	Limite de Escoamento (MPa)	Limite de Resistência (MPa)	Alongamento Uniforme (%)
1,255	610,3	645,0	1,18

Tabela 2. Propriedades mecânicas do arame ultrabaixo carbono

Fonte: Os autores (2023).

A flexão cíclica foi realizada em temperatura ambiente com uma velocidade constante de processamento de 200 mm/s. As polias foram colocadas em posições fixas, mantendo sempre um caminho de deformação senoidal simétrico conforme a Figura 1. Durante a flexão cíclica, o arame foi tracionado por um bobinador de 365 mm de diâmetro.

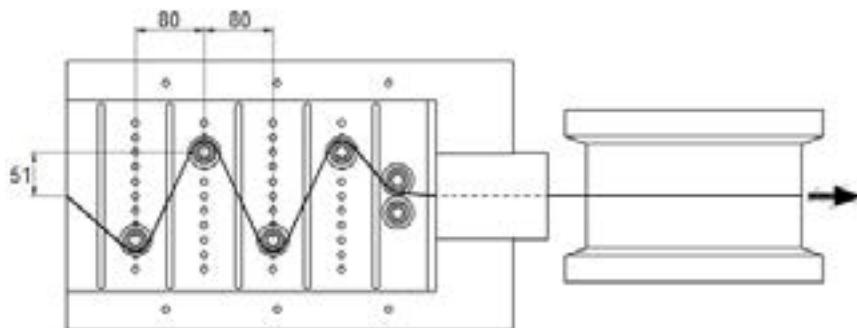


Figura 1. Ilustração do posicionamento das polias para a aplicação da flexão cíclica no arame em milímetros

Fonte: Os autores (2023).

A metodologia de execução dos testes seguiu a técnica experimental estatística de um fatorial duplo inteiramente casualizado (Montgomery; Runger, 2018). As variáveis preditoras utilizadas foram o número de polias (4, 8, 12, 16 e 20) e o diâmetro das polias (Figura 2) ($D_1 = 28$ mm, $D_2 = 35$ mm, $D_3 = 59$ mm e $D_4 = 85$ mm), totalizando 20 tratamentos.

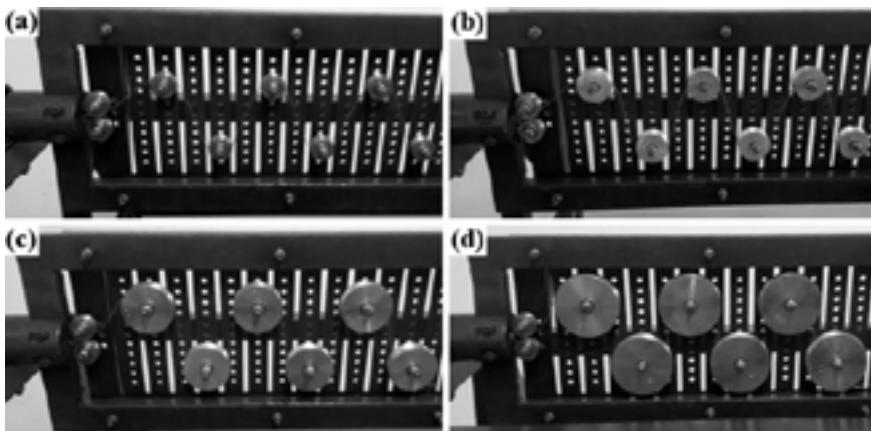


Figura 2. Apresentação dos 4 diâmetros internos das polias nas posições senoidais utilizados nos experimentos; (a) 28 mm, (b) 35 mm, (c) 59 mm e (d) 85 mm

Fonte: Os autores (2023).

As propriedades mecânicas dos arames (limite de escoamento, limite de resistência e alongamento uniforme), após as vinte condições experimentais, foram determinadas por ensaio de tração, utilizando três réplicas. Para realizar estes ensaios foi utilizada a máquina de ensaios universal EMIC, modelo DL, com célula de carga de 100 kN de capacidade. Os parâmetros adotados para os ensaios de tração foram corpos de prova com 406 mm de comprimento e velocidade de deslocamento constante do travessão (*cross head*) de 10 mm/min. Um extensômetro eletrônico com comprimento de 25 mm foi anexado ao corpo de prova para acompanhar a deformação até a carga máxima, no intervalo de deformação uniforme. Os dados de cada um dos testes foram transformados em tensão verdadeira e deformação verdadeira até a carga máxima em tração (Dieter, 1976).

A partir dos dados experimentais correlacionados com o ensaio de tração, foram selecionados doze modelos que descrevem as possíveis interações entre as variáveis independentes (número e diâmetro das polias) até o nível polinomial de segunda ordem (Quadro 1). No Quadro 1 estão descritos os modelos com suas

respectivas interações, em que “N” representa o número de polias, “D” o diâmetro das polias, “ β_i ” são os coeficientes de regressão estimados para cada parâmetro das equações consideradas, “ ε ” é o termo erro e “Z” uma das quatro propriedades mecânicas do arame de aço após a flexão cíclica (diâmetro do arame, limite de escoamento, limite de resistência e alongamento uniforme).

Modelo	Equação
M1	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 D + \varepsilon$
M2	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \varepsilon$
M3	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 D + \beta_3 D^2 + \varepsilon$
M4	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 D^2 + \varepsilon$
M5	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 D + \beta_3 N.D + \varepsilon$
M6	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 N.D + \varepsilon$
M7	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 D + \beta_3 D^2 + \beta_4 N.D + \varepsilon$
M8	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 D^2 + \beta_5 N.D + \varepsilon$
M9	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 D^2 + \beta_5 N.D + \beta_6 N^2.D + \varepsilon$
M10	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 D^2 + \beta_5 N.D + \beta_6 D^2.N + \varepsilon$
M11	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 D^2 + \beta_5 N.D + \beta_6 N^2.D + \beta_7 D^2.N + \varepsilon$
M12	$Z = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 N^2 + \beta_3 D + \beta_4 D^2 + \beta_5 N.D + \beta_6 N^2.D + \beta_7 D^2.N + \beta_8 N^2.D + \varepsilon$

Quadro 1. Representação dos doze modelos lineares das possíveis interações entre as variáveis independentes

Fonte: Os autores (2023).

Para cada uma das quatro variáveis respostas foi escolhido um modelo mais parcimonioso, sendo utilizado como avaliador da qualidade e seleção do modelo o Critério de Informação de Akaike (AIC) (Akaike, 1973), sendo eleita a equação geral que possui o menor valor para o AIC. Uma vez que o melhor modelo foi selecionado, o teste tradicional de hipótese nula (teste F de Fisher) foi aplicado para determinar a significância entre os coeficientes das variáveis preditoras e o resultado de interesse. Outros parâmetros estatísticos foram analisados como o coeficiente de determinação

“R²”, coeficiente de determinação ajustado “Adj. R²”, o coeficiente de variância “CV” e *adequate precision* “AP”.

O coeficiente de determinação “R²” dá a proporção da variabilidade total dos dados experimentais que podem ser explicadas por cada um dos quatro modelos. Um alto valor de R², próximo de 1, é desejável em concordância com R² ajustado (Noordin *et al.*, 2003; Ghafari *et al.*, 2008). A análise estatística bem como a representação gráfica foram realizadas no ambiente R (R Core Team, 2022; Lawson, 2015).

A partir do modelo escolhido, segundo o critério de AIC, foi realizada a representação gráfica em 2D (gráficos de contorno) e 3D (superfície de resposta) (Lawson, 2015; Hinkelmann; Kempthorne, 2008) do comportamento da variável preditora em função das variáveis respostas. Dessa forma, é possível visualizar de maneira clara o comportamento das propriedades mecânicas em função das variáveis operacionais controladas no processo de flexão cíclica. E, ainda, confirmar o objetivo principal deste trabalho, qual seja, o controle da magnitude do efeito Bauschinger nas propriedades mecânicas do arame de aço. Além disso, a região ótima, que relaciona o equilíbrio entre a máxima redução da resistência mecânica com o aumento da plasticidade, foi identificada com base nos parâmetros principais no gráfico de sobreposição.

2. Resultados

2.1 Análise estatística

A relação entre as duas variáveis controladas na flexão cíclica (número de polias e diâmetro das polias) e as quatro propriedades do arame (diâmetro (DA), limite de escoamento (σ_y), limite de resistência (σ_t) e alongamento uniforme (AL_u)) foi analisada em duas etapas. Primeiro, realizou-se a análise de variância (Anava) para verificação do efeito dos fatores, e posteriormente, aplicada na rea-

lização da análise regressão linear múltipla para verificar a contribuição dos níveis dos fatores com as variáveis respostas em estudo.

A Tabela 3 mostra os valores de AIC para cada modelo do Quadro 1 em relação às variáveis respostas após o processamento via flexão cíclica. Conforme este critério de ajuste de qualidade, o modelo 11 para o limite de escoamento e o modelo 12 para o diâmetro do arame, limite de resistência e alongamento uniforme apresentaram menor valor de AIC sendo estes os mais parcimoniosos e, portanto, os modelos selecionados para explicar a relação entre as variáveis envolvidas.

Modelo	Valores de AIC			
	Diâmetro do Arame	Limite de Escoamento	Limite de Resistência	Alongamento Uniforme
M1	-246,6	576,8	500,4	10,7
M2	-248,4	570,9	489,2	8,8
M3	-256,2	572,0	501,3	8,0
M4	-258,8	565,0	489,9	5,8
M5	-295,8	527,4	461,3	-10,3
M6	-302,9	508,7	433,6	-14,1
M7	-325,6	511,8	461,3	-15,3
M8	-340,1	483,9	432,2	-19,9
M9	-348,3	476,9	427,2	-20,2
M10	-384,3	477,2	430,0	-17,9
M11	-407,1	468,6	424,5	-18,2
M12	-410,0	470,2	423,6	-36,2

Tabela 3. Evolução dos valores de AIC para cada uma das quatro variáveis respostas

Fonte: Os autores (2023).

O critério de AIC foi utilizado juntamente com outros critérios para verificar a qualidade de ajuste dos modelos selecionados, tais como: valor-P, o coeficiente de determinação “R²”, coeficiente de determinação ajustado “Adj. R²”, o coeficiente de variância “CV” e *adequate precision* “AP” (Tabela 4).

O valor-P na Tabela 4 para todos os modelos são menores que 0,05, o que indica que os quatro modelos são significativos para explicar a relação entre as variáveis preditoras e as variáveis respostas, ao nível de 5% de probabilidade. A qualidade do ajuste é verificada por meio dos R^2 e R^2 ajustados. Dentre os modelos para cada variável resposta, o menor coeficiente de determinação foi de 73% e o maior 97%, isto é, os modelos explicaram no mínimo 73% da relação entre as variáveis envolvidas.

Para o caso do coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajustado), os valores corroboraram com o critério de AIC para a escolha destes modelos selecionados, apresentados na Tabela 4. Um outro indicativo da escolha dos modelos está no critério AP, do qual, para todos os modelos percebeu-se um valor superior a 4 desejáveis (Noordin *et al.*, 2003; Dharma *et al.*, 2016), indicando assim, a adequação do modelo aos dados. Percebeu-se ainda que a precisão dos experimentos foi alta, uma vez que o coeficiente de variação (CV) não foi maior que 10% (Beg; Sahai; Gupta, 2003). De acordo com a Tabela 3, todos os modelos são reprodutíveis, já que os valores de CV estão bem abaixo deste valor de referência.

Variável Resposta	Equação final	Valor-P	R ²	Adj. R ²	CV	AP
Diâmetro do Arame	$1,246 + 0,0049N - 0,0013N^2 + 0,0002D - 0,0000002D^2 - 0,000007ND + 0,00003N2D + 0,0000004ND^2 - 0,0000002N^2D^2$	<0,0001	0,98	0,97	0,21	98,4
Limite de Escoamento	$520,9 - 0,23N + 0,75N^2 + 0,75D - 0,0011D^2 - 0,25ND - 0,0076N^2D + 0,0024ND^2$	<0,0001	0,91	0,9	1,39	28,1
Limite de Resistência	$582,4 + 7,49N + 0,0087N^2 + 3,23D - 0,027D^2 - 0,57ND + 0,015N2D + 0,0053ND^2 - 0,0002N^2D^2$	<0,0001	0,82	0,79	0,8	18,9
Alongamento Uniforme	$1,39^* - 1 + 0,72N - 0,034N^2 + 0,15D - 0,0014D^2 - 0,029ND + 0,0013N^2D + 0,0005ND^2 - 0,00001N^2D^2$	<0,0001	0,76	0,73	6,14	16,5

P: probabilidade de erro; R²: coeficiente de determinação; Adj. R²: coeficiente de determinação ajustado; CV: coeficiente de variância; AP: adequate precision.

Tabela 4. Resultados da Anava para as variáveis respostas

Fonte: Os autores (2023).

Os gráficos de diagnóstico de regressão, como os valores previstos pelo modelo em função dos valores experimentais (Figura 3), permitem complementar a avaliação da qualidade de ajuste dos modelos. Os pontos dos gráficos da Figura 3 estão ajustados em um ângulo muito próximo ao ideal, uma reta em 45°, o que é desejável, pois indicam uma forte concordância entre os dados reais e os obtidos por meio dos modelos.

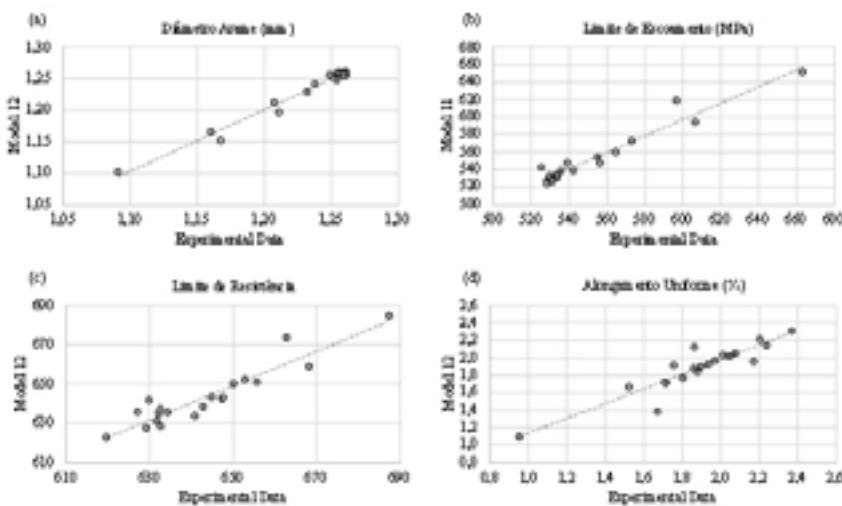


Figura 3. Gráficos dos valores previstos pelos modelos em função dos valores experimentais para o (a) diâmetro do arame (modelo 12), (b) limite de escoamento (modelo 11), (c) limite de resistência (modelo 12) e (d) alongamento uniforme (modelo 12)

Fonte: Os autores (2023).

2.2 Análise do processo

Os gráficos de superfície de resposta e gráficos de contorno são mostrados nas figuras 4 e 5, respectivamente. Os gráficos de superfície de resposta para o limite de escoamento (Figura 4a) e limite de resistência (Figura 4b) exibem uma região de vale (cor vermelha), o que indica que as condições máximas de alívio de tensão promovidas pelo efeito Bauschinger, durante a flexão cíclica, são atribuídas ao número e diâmetro das polias nestas regiões do espaço. Ainda, ambas as figuras 4a e 4b apresentam um formato parabólico assimétrico, com a presença de uma região de vale, que representa o espaço correspondente aos valores mínimos das variáveis respostas. As abas com maior ascendência (cores anil/azul) correspondem à região de diminuição do diâmetro do arame mostrado na Figura 4a. Polias abaixo de 57 mm de diâmetro promovem estiramento do

arame durante seu processamento, como mostrado na Figura 5a, nas regiões anil, amarela e vermelha. Nestas circunstâncias, começa a surgir a concorrência entre o endurecimento promovido pelo fenômeno de encruamento e o amaciamento produzido pelo efeito Bauschinger durante a flexão cíclica.

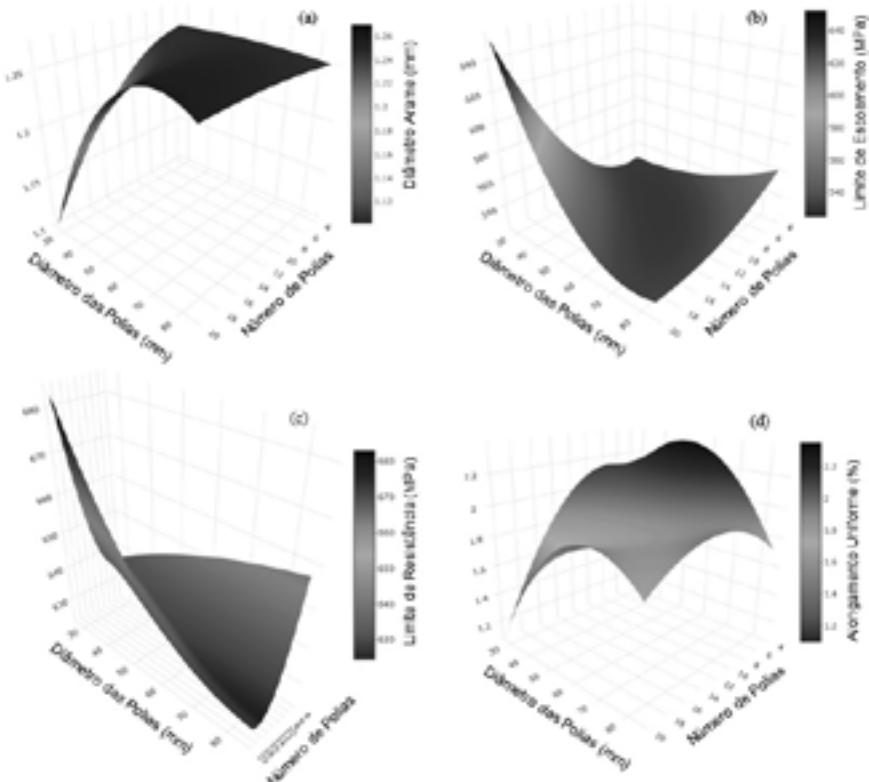


Figura 4. Gráficos de superfície de resposta para (a) diâmetro do arame, (b) limite de escoamento, (c) limite de resistência e (d) alongamento uniforme

Fonte: Os autores (2023).

Em relação ao alongamento uniforme, o gráfico de superfície de resposta (Figura 4d) mostra uma região de pico na cor azul. Nesta região observamos a combinação de número e diâmetro das polias capaz de produzir a máxima recuperação plástica durante a flexão cíclica. Analisando a evolução do diâmetro do arame na Fi-

gura 4a está destacado um patamar azul, onde pode ser encontrada a combinação número e diâmetro das polias que mantém o arame com o diâmetro inalterado após a flexão cíclica.

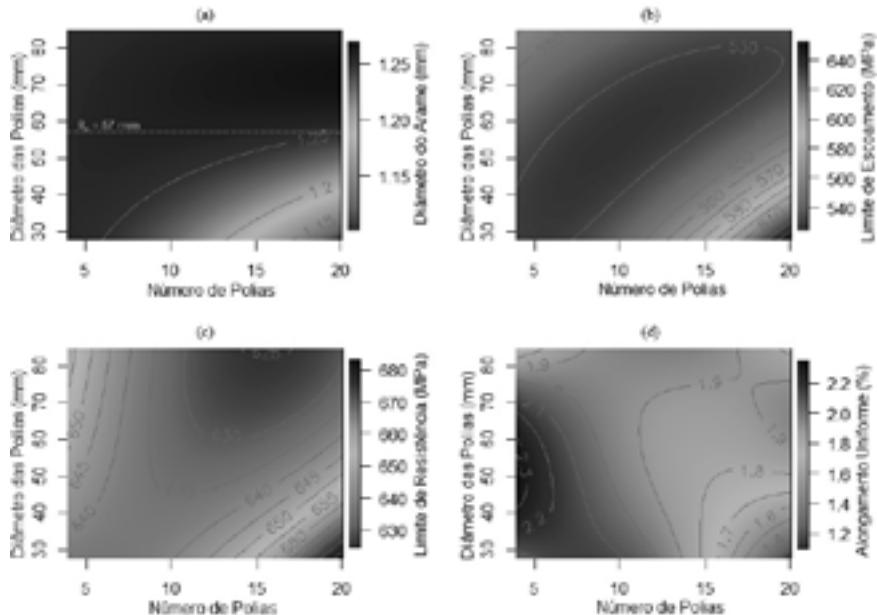


Figura 5. Gráficos de contorno para (a) diâmetro do arame, (b) limite de escoamento, (c) limite de resistência e (d) alongamento uniforme

Fonte: Os autores (2023).

A representação bidimensional das variáveis respostas (Figura 5) no plano número/diâmetro de polias (gráfico de contorno) exibe com detalhes as linhas de isovalor que delimitam com precisão as faixas das propriedades mecânicas. Dessa forma, é possível controlar, com precisão, a magnitude do efeito Bauschinger, de modo a alterar a resistência mecânica e a plasticidade do aço ultrabaixo carbono dentro de uma faixa desejada. Por exemplo, alívio de tensão de 14% de limite de escoamento é possível mediante a promoção da flexão cíclica utilizando 12 polias com diâmetro de 59 mm. Ainda, recuperações máximas de 99% de alongamento uniforme são atingidas aplicando a flexão cíclica com 4 polias de 50 mm de

diâmetro. Estes valores de recuperações plásticas corroboram com a faixa típica descrita por Enghag (2009), sendo a redução do limite de escoamento entre 10 e 25% durante a flexão cíclica (Enghag, 2009). Ainda, fica evidente na Figura 4a a existência de um diâmetro crítico (R_c) a partir de 57 mm, em que a adição de polias dentro do espaço do DIC, não promove o estiramento do arame durante o processo de flexão cíclica.

2.3 Análise da otimização

Com os gráficos de contorno da Figura 5, é possível encontrar a condição ótima para o alívio de tensão do metal, sendo esta a região onde a magnitude do efeito Bauschinger é máxima para reduzir a resistência mecânica e recuperar a plasticidade. Para este espaço ser visualizado graficamente, foram sobrepostos os gráficos de contorno do limite de escoamento, limite de resistência e alongamento uniforme em um gráfico de sobreposição, apresentado na Figura 6.

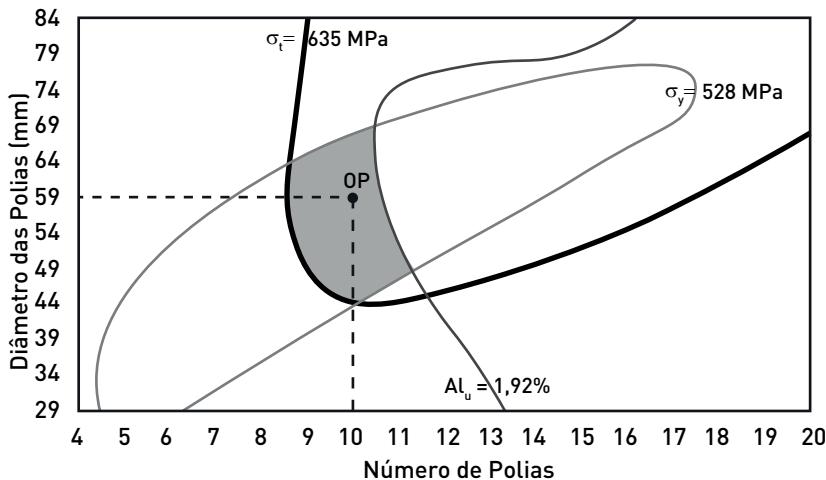


Figura 6. Gráfico de sobreposição para destaque da região ótima de máximo alívio de tensão

Fonte: Os autores (2023).

Com a interseção das linhas de isovalor, foi destacada a região sombreada, que representa a área onde os valores das variáveis respostas exibem o melhor equilíbrio entre o ganho de plasticidade e a redução da resistência mecânica. Ainda é possível visualizar o espaço em que as condições operacionais (número e diâmetro das polias) se encaixam nos critérios de otimização sombreados (Ghafari, *et al.*, 2008).

Um experimento adicional foi conduzido aplicando uma condição operacional da região ótima sombreada (Ponto OP: 10 polias de 59 mm de diâmetro), de modo a confirmar a concordância dos resultados alcançados pelos modelos e os experimentos. Como mostrado na Tabela 5, estão em estreita concordância na capacidade de alívio de tensão exibido pelas variáveis respostas obtidas a partir dos experimentos e estimados pelos modelos.

Condições	Diâmetro do arame (mm)	Resultados após a Flexão Cíclica		
		Limite de Escoamento (MPa)	Limite de Resistência (MPa)	Alongamento Uniforme (%)
OP = 10 polias de 59 mm de diâmetro				
Resultado Experimental	1,254	523,6	627,8	1,88
Resposta dos Modelos	1,261	524,0	631,0	1,94
Erro	-0,007	-0,4	-3,2	-0,06
Erro Percentual	0,56	0,08	0,51	3,4
Desvio Médio	±0,001	±4,1	±1,6	±0,16

Tabela 5. Experimento de verificação da região ótima

Fonte: Os autores (2023).

Conclusão

Este capítulo teve como objetivo mostrar a aplicação de um equipamento projetado e desenvolvido para a recuperação e controle da resistência mecânica e plasticidade, em arames de aço ultrabaixo carbono, através da aplicação de flexões cíclicas para promover o efeito Bauschinger. Com isso, é possível apresentar as seguintes conclusões:

- A flexão cíclica, regulada pelos fatores número de polias e diâmetro das polias, é capaz de controlar a magnitude do efeito Bauschinger em arames de aço ultrabaixo carbono previamente conformados a frio;
- A flexão cíclica é capaz de aumentar o alongamento uniforme e reduzir a resistência mecânica, de maneira controlada, em arames de aço ultrabaixo carbono previamente microlaminado a frio;
- Os resultados mostraram que aplicando o critério de informação de Akaike (AIC), foi possível obter modelos de regressão

que apresentaram boa concordância entre os resultados experimentais e os previstos pelas equações gerais;

- Os gráficos de superfície e de contorno evidenciaram a relação entre as condições operacionais da flexão cíclica e a alteração da resistência mecânica/plasticidade do aço ultrabaixo carbono, permitindo navegar no espaço definido pelo delineamento experimental, na busca dos melhores e mais adequados parâmetros operacionais permitidos pelo equipamento disponível;

- O gráfico de sobreposição apresentou a região de condição ótima que exibe o equilíbrio entre o ganho de plasticidade e a redução da resistência mecânica. Na condição testada na região ideal utilizando 10 polias de 59 mm de diâmetro, foram obtidos ganhos de 59% no alongamento e redução de 14% no limite de escoamento.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais da Universidade Federal de Ouro Preto (Redemat/Ufop) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG).

Referências

AKAIKE, Hirotugu. Information theory as an extension of the maximum likelihood principle. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INFORMATION THEORY, 2., 1973, Budapest. **Proceedings** [...]. Budapest: Akademiai Kiado, 1973, p. 267-281.

ALEXANDROV, Sergei *et al.* Description of Residual Stresses in Auto-frettaged Open-Ended Cylinders Made of High-Strength Steel. **Materials**, v. 13, n. 13, p. 2940, 30 jun. 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A1040**: Standard Guide for Specifying Harmonized Standard Grade

Compositions for Wrought Carbon, Low-Alloy, and Alloy Steels. West Conshohocken, p. 13, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A370**: Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products. West Conshohocken, p. 49, 2017.

BEG, Qasim Khalil; SAHAI, Vikram; GUPTA, Rani. Statistical media optimization and alkaline protease production from *Bacillus mojavensis* in a bioreactor. **Process Biochemistry**, v. 39, n. 2, p. 203-209, 31 out. 2003.

BOGER, Richard *et al.* Continuous, large strain, tension/compression testing of sheet material. **International Journal of Plasticity**, v. 21, n. 12, p. 2319-2343, dez. 2005.

BUCIUMEANU, Mihaela *et al.* Fatigue life predictions including the Bauschinger effect. **International Journal of Fatigue**, p. 145-152, 1 ago. 2010.

CHEN, Bo *et al.* Role of the misfit stress between grains in the Bauschinger effect for a polycrystalline material. **Acta Materialia**, p. 229-242, 11 nov. 2014.

CORRÊA, Elaine Carballo Siqueira *et al.* The effect of sequential tensile and cyclic torsion straining on work hardening of steel and brass. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 142, n. 1, p. 282-288, 2003.

CORRÊA, Elaine Carballo Siqueira *et al.* Substructural evolution during cyclic torsion of drawn low carbon steel bars. **Materials Science and Engineering: A**, p. 286-290, mar. 2006.

DEAN, Angela; VOSS, Daniel; DRAGULJIĆ, Danel. **Design and Analysis of Experiments**. 2. ed. Cham: Springer, 2017, v. 1.

DHARMA, Surya *et al.* Optimization of biodiesel production process for mixed *Jatropha curcas*–*Ceiba pentandra* biodiesel using response surface methodology. **Energy Conversion and Management**, p. 178-190, 10 fev. 2016.

DIETER, George E. **Mechanical metallurgy**. Tokyo: McGraw-Hill, 1976.

EL AMINE, Karim; LARSSON, Joakim; PEJRYD, Lars. Experimental comparison of roller die and conventional wire drawing. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 257, p. 7-14, jul. 2018.

ELLERMANN, Arne; SCHOLTES, Berthold. The Bauschinger Effect in Different Heat Treatment Conditions of 42CrMo4. **International Journal of Structural Changes in Solids** – Mechanics and Applications, v. 3, n. 1, p. 1-13, 1 fev. 2011.

ELLIOT, Robert A. *et al.* Absence of yield points in iron on strain reversal after aging, and the Bauschinger overshoot. **Mechanics of Materials**, v. 36, n. 11, p. 1143-1153, nov. 2004.

ENGHAG, Per. **Steel Wire Technology**. 4. ed. Örebro: Applied Materials Technology, 2009.

FIGUEIREDO, Roberto Braga *et al.* The effect of cyclic bending on the mechanical properties and dislocation structures of drawn steel bars. **Journal of Materials Science**, p. 804-810, fev. 2010.

GHAFARI, Shahin *et al.* Application of response surface methodology (RSM) to optimize coagulation–flocculation treatment of leachate using poly-aluminum chloride (PAC) and alum. **Journal of Hazardous Materials**, p. 650-656, 4 jul. 2008.

HA, Jinjin; LEE, Myoung-Gyu; BARLAT, Frédéric. Strain hardening response and modeling of EDDQ and DP780 steel sheet under non-linear strain path. **Mechanics of Materials**, p. 11-26, 7 maio 2013.

HARJO, Stefanus *et al.* Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension–compression. **Acta Materialia**, v. 196, p. 584-594, set. 2020.

HEMMERICH, E. *et al.* The effect of pre-strain on the material behaviour and the Bauschinger effect in the bending of hot rolled and aged steel. **Materials Science and Engineering: A**, v. 528, n. 9, p. 3302-3309, abr. 2011.

HINKELMANN, Klaus; KEMPTHORNE, Oscar. **Design and Analysis of Experiments**. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008, v. 1.

KIM, Dae Woong *et al.* Yield-strength prediction of flattened steel pipes by competing Bauschinger effect and strain hardening during pipe-forming. **Scientific Reports**, p. 1-11, 30 set. 2019.

LAWSON, John. **Design and Analysis of Experiments with R.** 1. ed. Utah: CRC Press, 2015, v. 1.

LIU, Dabiao *et al.* Accounting for the recoverable plasticity and size effect in the cyclic torsion of thin metallic wires using strain gradient plasticity. **Materials Science and Engineering: A**, v. 647, p. 84-90, out. 2015.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and Analysis of Experiments.** 9. ed. Phoenix: John Wiley & Sons, 2017.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C. **Applied Statistics and Probability for Engineers.** 7. ed. United States of America: Wiley, 2018.

NISHIDA, Seiki; YOSHIE, Atsuhiko; IMAGUMBAI, Masana. Work Hardening of Hypereutectoid and Eutectoid Steel during Drawing. **ISIJ International**, p. 177-186, 30 out. 1997.

NOORDIN, Mohd Yusof *et al.* Application of response surface methodology in describing the performance of coated carbide tools when turning AISI 1045 steel. **Journal of Materials Processing Technology**, p. 46-58, 2 jul. 2003.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2022. Disponível em: <http://bit.ly/46Bd5sK>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SCHILLI, Simon *et al.* Bauschinger effect and latent hardening under cyclic micro-bending of Ni-base Alloy 718 single crystals: Part II. Single crystal plasticity modeling with latent kinematic hardening. **Materials Science and Engineering: A**, v. 830, p. 1-19, set. 2021.

SNIPES, Michael; TAYLOR, D. Christopher. Model selection and Akaike Information Criteria: An example from wine ratings and prices. **Wine Economics and Policy**, Florence, p. 1-7, 26 mar. 2014.

STRAUVEN, Yvan; AERNOUDT, Etienne. Directional strain softening in ferritic steel. **Acta Metallurgica**, p. 1029-1036, maio 1987.

TARIGOPULA, Venkatapathi *et al.* Elastic-plastic behaviour of dual-phase, high-strength steel under strain-path changes. **European Journal of Mechanics - A/Solids**, p. 764-782, 10 maio 2008.

TORIBIO, Jesús *et al.* Analysis of the Bauschinger Effect in Cold Drawn Pearlitic Steels. **Metals**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 12 jan. 2020.

VERMA, Rahul K. *et al.* Experimental evaluation and constitutive modeling of non-proportional deformation for asymmetric steels. **International Journal of Plasticity**, p. 82-101, 9 abr. 2010.

YOSHIDA, Fusahito; UEMORI, Takeshi; FUJIWARA, Kenji. Elastic-plastic behavior of steel sheets under in-plane cyclic tension-compression at large strain. **International Journal of Plasticity**, v. 18, n. 5, p. 633-659, out. 2002.

ZHOU, Lichu *et al.* Strain-induced coarsening of ferrite lamella in cold drawn pearlitic steel wire. **Materials Science and Engineering: A**, p. 1-7, 30 out. 2019.

12. RETROSPECTIVA HISTÓRICA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL

Elza Magela Diniz

Introdução

A Educação Profissional no Brasil, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB),¹ revista e alterada pela Lei nº 11.741/2008 (Brasil, 2008), “integra-se aos diferentes níveis e modalidades de educação e às dimensões do trabalho, da ciência e da tecnologia”. De acordo com o documento “Políticas Públicas para a Educação Profissional e Tecnológica” (Brasil, 2004), a educação profissional, em termos universais e especificamente no Brasil,

reveste-se cada vez mais de importância como elemento estratégico para a construção da cidadania e para uma melhor inserção de jovens e trabalhadores na sociedade contemporânea, plena de grandes transformações e marcadamente tecnológica (Brasil, 2004, p. 7).

Conforme este documento,

a questão fundamental da educação profissional e tecnológica envolve necessariamente o estreito vínculo com o contexto maior da educação, circunscrita aos caminhos percorridos por nossa sociedade (Brasil, 2004, 12).

1. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Brasil, 1996).

Portanto, consideramos importante ressaltar alguns aspectos que envolveram esta modalidade de ensino ao longo da história da Educação em nosso país.

O histórico desta modalidade de ensino nasce com o propósito de formar mão de obra para atender às elites, utilizando-se dos indivíduos em situação de vulnerabilidade social, surgindo aí nossa raiz histórica do *dualismo escolar*. Percorremos o caminho ligado às tentativas de superação deste dualismo, de necessidade de formação de força de trabalho para atendimento às indústrias e, por assim dizer, ao *capital*.

1. A Educação Profissional no período colonial (1530-1822)

A História da Educação Profissional no Brasil, iniciou-se com a chegada dos portugueses e era destinada aos povos indígenas que aqui se encontravam, incorporando “saberes” e “fazeres” no processo que envolvia múltiplas atividades de trabalho e da vida em comunidade (Manfredi, 2002, p. 67). Para esta autora, o que ocorria no interior das tribos, enquanto práticas educativas era a fusão de preparo para o trabalho com práticas de socialização.

Caires (2016, p. 53) esclarece que em 1549, com a chegada da Companhia de Jesus no Brasil,

o ensino ministrado pelos jesuítas, de caráter clássico, intelectual e humanista, era reservado à formação dos filhos dos colonizadores, de modo a instruir a camada mais elevada da sociedade e mantê-la afastada de qualquer trabalho físico ou profissão manual.

Cordão (2006, p. 49) também nos alerta para esta questão:

Esse dualismo é fruto de nossa herança colonial e escravista, que influenciou negativamente, de forma preconceituosa, as

relações sociais entre as chamadas “elites condutoras” e os operários, em especial aqueles que executam trabalhos manuais. Essa visão de sociedade influenciou decisivamente a visão da educação profissional.

Corroborando com esta visão, Silva (2013, p. 71) afirma que

a escravidão perdurou aqui por mais de três séculos e deixou marcas na história brasileira. Os que trabalhavam e executavam os serviços sempre foram relegados à condição social inferior, pois eram escravos, não cidadãos.

Portanto, até 1808 não houve progresso no tocante à Educação Profissional no Brasil. Esta realidade se altera com a chegada da Corte portuguesa ao Brasil, com a vinda de D. João VI e a Família Real, o sistema de ensino se ampliou e ganhou certa qualidade. Caires (2016, p. 55) afirma que “foi um marco histórico para promoção de mudanças políticas, sociais, econômicas, culturais e educacionais que vieram a ocorrer após 1808”.

Em 1809 foi instalado no Brasil o Colégio das Fábricas, configurando-se aí os primeiros indícios do que hoje se caracteriza como Educação Profissional no país (Brasil, 1999 – Parecer nº 16/99 – CEB/CNE). O ensino profissionalizante no Brasil, de acordo com Cordão (2005), possuía um caráter meramente assistencialista, com o objetivo de atender crianças pobres, órfãos e desvalidas.

2. A Educação Profissional no período imperial (1822-1889)

De 1840 a 1850, foram criadas as “casas de educandos artífices”, que ofereciam instrução primária e ensino de alguns ofícios para crianças e jovens em situação de mendicância. Isso ocorreu porque a oferta de educação para o trabalho estava articulada a uma perspectiva assistencialista e tinha o propósito de retirar o jo-

vem do ócio e da criminalidade. Essas casas, fundadas por dez governos provincianos e mantidas pelo Estado, figuravam mais como “obras de caridade”, do que “obras de instrução popular” (Manfredi, 2002, p. 77).

Conforme Cunha (2000, p. 90),

assim, não é de se estranhar que certas ocupações não atraíssem muitas pessoas para desempenhá-las. O resultado foi o trabalho e a aprendizagem compulsórios: ensinar ofícios a crianças e jovens que não tivessem escolha.

O autor complementa afirmando que:

Os “meninos desvalidos” eram os que, de idade entre 6 e 12 anos, fossem encontrados em tal estado de pobreza que, além da falta de roupa adequada para frequentar as escolas comuns, vivessem em mendicância (Cunha, 2000, p. 91).

Em 1875 foi inaugurado o “Asilo de Meninos Desvalidos”, Souza (2008, p. 20) relata que essa instituição foi criada para “abrigar crianças tidas como ‘desvalidas’, seja por iniciativas de particulares, religiosos e mesmo por iniciativas do Estado”. Existia nesta “experiência certa isomorfia nessas três funções, combinadas com o objetivo de abrigar para educar e profissionalizar a infância desvalida”. Segundo Manfredi (2002, p. 76-77),

crianças e jovens em estado de mendicância eram encaminhadas para essas casas, onde recebiam instrução primária [...] e aprendiam alguns dos seguintes ofícios: tipografia, encadernação, alfaiataria, tornearia, carpintaria, sapataria etc. Concluída a aprendizagem, o artifício permanecia mais três anos no asilo, trabalhando nas oficinas, com a dupla finalidade de pagar sua aprendizagem e formar um pecúlio que lhe era entregue no final do triênio.

Desta forma, ainda se percebe o caráter assistencialista e dualista na educação profissional. Fato este que, se analisarmos, perdura até os dias atuais.

3. Educação Profissional no período da República (1889-1930)

De 1889 a 1930, período denominado Primeira República, “emerge uma rede de escolas mantidas pelo Estado e por outras entidades da sociedade civil, dentre as quais a igreja católica” (Moreira, 2013, p. 185). Desde então a educação profissional passa a um novo formato:

Ela passa a ser direcionada não apenas para os “desafortunados”, mas também para as pessoas que pertenciam aos “setores populares urbanos” e que “iriam se transformar em trabalhadores assalariados” (Manfredi, 2002, p. 79-80).

Com relação a este período, Manfredi (2002, p. 79-80) descreve:

Durante o período chamado Primeira República, que vai da proclamação da República, até os anos 30, o sistema educacional escolar e a Educação Profissional ganharam nova configuração. As poucas e acanhadas instituições dedicadas ao ensino compulsório de ofícios artesanais e manufatureiros cederam lugar a verdadeiras redes de escolas, por iniciativa de governos estaduais, do governo federal e de outros protagonistas: a Igreja Católica, trabalhadores organizados em associações, [...] e membros da elite cafeeira.

Em 1909, foi assinado o Decreto Presidencial nº 7.566, de 23 de setembro de 1909 (Brasil, 1909), pelo presidente em exercício Nilo Peçanha, conforme registra Silva (2013, p. 72). Esse documento “cria 19 escolas federais denominadas *Escolas de Aprendizes Artífices*” (Brasil, 1909, grifo nosso), estas escolas se localizavam

nas capitais do país (a exceção do Rio de Janeiro), e conforme comenta Cunha (2000, p. 95):

As escolas de aprendizes e artífices constituíram uma presença do governo federal nos estados [...]. A contrapartida não seria difícil de imaginar: o apoio ao bloco dominante no plano federal.

Segundo Manfredi (2003 *apud* Silva, 2013, p. 72),

até 1920 as Escolas Salesianas da Igreja Católica, [...] visavam a dar formação profissionalizante em conjunto, oferecendo, também, o ensino básico primário com duração de seis anos.

4. Educação Profissional na Era Vargas (1930-1945)

As décadas de 1930 e 1940 foram marcadas por grandes transformações políticas, econômicas, sociais e educacionais. Nesse momento se fortalece a nova burguesia industrial em substituição das oligarquias cafeeiras e isso vai demandar uma configuração de “uma nova estrutura, baseada nas exigências da incipiente industrialização, modernização, urbanização e capitalismo liberal” (Silva, 2013, p. 72).

Em 1932 surge o “Movimento dos Pioneiros da Educação Nova”, em que

o objetivo básico dessa proposta era instituir uma escola com sentido e orientação bem como por fim à dicotomia vigente. Segundo Rosa (2008), o movimento da Escola Nova defendia a escola secundária unificada com conteúdos formadores ao trabalho e ao intelecto, democrática, laica e pública (Silva, 2013, p. 73).

Nesse contexto, foram elaborados diversos decretos-leis, que ficaram conhecidos como Leis Orgânicas da Educação Nacional – a Reforma Capanema, em função do nome do então ministro da Educação, Gustavo Capanema (Silva, 2013, p. 74). De acordo com Silva (2013, p. 74),

essas leis estruturavam o ensino desde o curso primário, com duração de quatro a cinco anos, o ensino ginásial e segundo ciclo (técnico) em nível do secundário. Quem cursasse o primário, ginásial e superior, sem instrução profissionalizante, poderia concorrer a qualquer curso superior. [...] É nesse período que as Escolas de Aprendizes e Artífices se transformam em Escolas Técnicas Federais com a Lei Orgânica do ensino Industrial de 1942.

A educação passa a ter, em especial a educação profissional, uma maior importância no país e foram definidas leis específicas para a formação profissional em cada ramo da economia. Entretanto, isso ainda não foi suficiente para acabar com a dualidade na educação.

5. Educação Profissional no período militar (1945-1985)

Somente em 1959 as escolas técnicas federais foram configuradas como autarquias (Pacheco; Rezende, 2009). O ensino médio não apresentou mudanças significativas por parte do governo federal, até 1961 (Silva, 2013, p. 74), “mantendo-se praticamente a mesma configuração do Estado Novo”.

Em 1961, entra em vigor a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 4.024. Só então “é que se manifesta, pela primeira vez, no Brasil, a articulação completa entre os ramos secundários, médios e profissionais, através do sistema de equivalência” (Silva, 2013, p. 74). Isso possibilitou que independente da formação, o aluno poderia escolher o curso superior que preferisse.

Durante o período militar, a educação passa a ser instrumento para fornecimento de recursos humanos para a economia. Com a aprovação da Lei nº 5.692/71, o ensino médio passou a ser obrigatoriamente profissionalizante. Os investimentos em educação eram meramente econômicos e visavam atender ao capital.

Para Silva (2013, p. 76),

o Conselho Federal de Ensino, através do Parecer nº 45 de 1972, relacionou 130 habilitações técnicas que poderiam ser adotadas pela escola para seus respectivos cursos profissionalizante, algo impraticável. [...] não foram mobilizados recursos humanos e materiais para transformar toda a rede de ensino nacional em uma rede profissionalizante.

Ao final dos anos 80, este processo de profissionalização vai se desvanecendo, e assim persiste até a aprovação da Nova LDB. Ocorrendo nesse período um desenvolvimento das escolas particulares em detrimento à escola pública.

6. Educação Profissional no Pós-Militarismo (1986-atual)

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação nº 9.394/96, surgiu após o encerramento do período ditatorial, e tanto a LBD quanto a Constituição de 1988 mantinham a polêmica de conflitos entre os que defendiam a escola pública, laica e de qualidade para todos e aqueles que defendiam a necessidade de reduzir custos governamentais. Prevaleceu a lógica do mercado, dando total liberdade para as escolas particulares atuarem em todos os níveis da educação (Brasil, 2007).

O Decreto nº 2.208/97 e a Portaria nº 646/97, no governo Fernando Henrique Cardoso, revelam o contexto neoliberal mundial e “é marcado pela atuação do *Estado Mínimo*, ou seja, o Estado atua

na economia e nas políticas de forma menor, sem realizar grandes interferências” (Silva, 2013, p. 78, grifo nosso).

De acordo com Oliveira (2005 *apud* Silva, 2013, p. 78),

a reforma do ensino médio técnico, realizada através do Decreto nº 2208/97, configurou uma nova institucionalidade para a educação profissional, tornando mais nítida a separação entre a formação geral e a formação tecnológica.

Diversas escolas técnicas e agrotécnicas federais tornaram-se Centros Federais de Educação Tecnológica (Cefets) ao longo da década de 1990, mas em 1998, o governo federal proíbe a construção de novas escolas federais, permanecendo assim até o ano de 2005. Em 2004, após sete anos de uma série de atos normativos que direcionavam as instituições mencionadas para a oferta também de cursos superiores, iniciou-se a reorientação das políticas federais para a educação profissional e tecnológica, com a retomada da possibilidade de oferta de cursos técnicos integrados com o ensino médio (Pacheco; Rezende, 2009).

Em 2005, antes da ampla expansão da Rede Federal de Educação Profissional, esta contava com 144 unidades distribuídas entre centros de educação tecnológica e suas unidades de ensino descentralizadas, uma universidade tecnológica e seus campi, escolas agrotécnicas e escolas técnicas vinculadas a universidades federais, além do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro (Pacheco; Rezende, 2009).

Conforme descreve Silva (2013, p. 80),

as políticas destinadas ao ensino profissionalizante no governo Lula, período de 2003 a 2010, indicaram o estímulo ao ensino médio integrado à educação profissional, enfatizando a educação científica e humanística, por meio da articulação entre a formação geral e a educação profissional.

Com a promulgação da Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008 (Brasil, 2008), pelo então presidente Luiz Inácio Lula da Silva, houve uma grande reestruturação da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFPCT),² surgindo um novo modelo de instituição, os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (Brasil, 2016).

Pereira (2008, p. 1-3) afirma que

o surgimento dos Institutos Federais estabelece vínculo com a valorização da educação e das instituições públicas, aspectos centrais nas atuais políticas e assumidos como fundamentais para a construção de uma nação soberana e democrática, o que pressupõe o combate às desigualdades estruturais de toda ordem, daí a imprescindibilidade do fortalecimento das ações e das instituições públicas. [...] o papel que está previsto para os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia é o de garantir a perenidade das ações que visem incorporar, antes de tudo, setores sociais que historicamente foram alijados dos processos de desenvolvimento e modernização do Brasil, o que legitima e justifica a importância de sua natureza pública e afirma uma Educação Profissional e Tecnológica como instrumento social.

De 1909 até o ano de 2016, o processo de expansão da Rede Federal alcançou 644 unidades em 568 cidades brasileiras, ampliando a capacidade de atendimento à população brasileira (Brasil, 2016). Conforme Silva (2013, p. 81), “essa rede federal tem participação reduzida no total nacional de estabelecimentos desse tipo de ensino”, e isso nos mostra que ainda são grandes os desafios a serem enfrentados por esta modalidade de ensino.

2. Neste texto, a Rede poderá ser identificada pela sigla RFPCT ou apenas pela expressão “Rede Federal”.

Considerações finais

A educação profissional evoluiu gradativamente no Brasil. Essa evolução perpassa por momentos históricos do país, iniciando com os povos nativos. Naquela época, as práticas de aprendizagem se davam pela observação e participação, passando pelo ensino jesuítico no Brasil Colonial e pela constituição dos aparelhos escolares, das casas de artífices e dos liceus de artes e ofícios.

O período republicano defendeu a concepção de um ensino profissional com características assistencialistas. A ideia de progresso era fator decisivo para a superação do atraso que o país se encontrava. O processo migratório para as cidades e a incapacidade de absorver toda mão de obra disponível no mercado urbano eram vistos pelas autoridades como uma ameaça à ordem das cidades.

Com o Manifesto dos Pioneiros, em 1932, as discussões sobre a escola pública, foi dada maior ênfase a medidas que apontassem para a organização de cursos acadêmicos e profissionais dentro de um mesmo estabelecimento, procurando combater o dualismo entre ensino propedêutico e ensino profissional. Mesmo assim, o ensino profissional não conseguiu eliminar as interpretações de que era destinado aos “menos favorecidos”.

A Constituição de 1934 determinou que cabia à União a responsabilidade em traçar diretrizes educacionais para todo o território nacional. Nesse período, testemunhou-se uma expansão industrial no Brasil. O ensino técnico industrial passou a fazer parte dos debates nacionais como elemento importante na defesa da indústria brasileira, que começava a se consolidar e, consequentemente, a formalização das relações de trabalho e de atividades sindicais.

No governo Fernando Henrique Cardoso, a educação foi reduzida a seu Estado Mínimo, esta perspectiva reducionista foi baseada em contenção de gastos por parte do poder público, o que acabou por possibilitar um amplo desenvolvimento da educação em todos

os níveis pelas escolas da rede particular de ensino. Permanecia aí enraizado o dualismo, originário em nossas raízes históricas desde o período colonial, no qual aos menos favorecidos cabia apenas o trabalho que exigia força física e aos poderosos, o saber intelectual.

Com o governo Lula, o ensino profissional ganha nova roupagem. Assim visto como parte integrante da formação do indivíduo, a formação integral passa a ser vista como fundamental na superação das desigualdades sociais presentes no país. Houve grande expansão da Rede Federal, possibilitando que a escola pública estivesse acessível a todos os estados brasileiros, atingindo cidades onde, até então, o acesso era praticamente nulo.

Houve um salto enorme na questão de atendimento aos jovens na faixa etária de 15 a 24 anos, mas ainda não o suficiente para solucionar o problema da educação profissional no país. O ingresso desta parcela da população, na escola pública, ainda passa por dificuldades que vão desde o acesso com os processos seletivos até a permanência e êxito destes alunos.

A educação profissional tem sido pouco discutida nos meios acadêmicos, o que não permite que tenhamos amplo conhecimento dos problemas enfrentados nesta modalidade. É uma área que carece de estudos para que possamos identificar os gargalos e trabalhar com políticas públicas que realmente consigam superar o dualismo existente e a escola possa ser o espaço de absorção de conhecimentos profissionais, humanos e, sobretudo, de cidadania.

Entre estas idas e vindas da educação profissional, ainda temos muito que avançar em estudos, bem como na criação de políticas públicas que sejam realmente eficazes no combate às desigualdades sociais e regionais em nosso país. A educação profissional não pode ficar à mercê do pensamento político-econômico de governantes, ela precisa se firmar como proposta de governo através da criação de leis com ampla discussão com a sociedade civil, principal interessada nesta modalidade de ensino.

Referências

BRASIL. Decreto Presidencial nº 7.566, de 23 de setembro de 1909. Crêa nas captaes dos Estados da Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primario e gratuito. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1909. Disponível em: <https://bit.ly/40RbcmY>. Acesso em: 28 jun. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil, 1988**. Brasília: Senado Federal; Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial** [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, 23 dez. 1996. Disponível em: <https://bit.ly/3KgscMf>. Acesso em: 1 maio 2017.

BRASIL. Decreto nº 2.208, de 17 de abril de 1997. Regulamenta o § 2º do art. 36 e os arts. 39 a 42 da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 abr. 1997. Disponível em: <https://bit.ly/3RJEeRn>. Acesso em: 28 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Parceria CNE/CEB nº 16/99, de 5 de outubro de 1999**. Diretrizes curriculares nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico. Disponível em: <https://bit.ly/3G2Kz7X>. Acesso em: 5 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Políticas Públicas para a Educação Profissional e Tecnológica**. Brasília, 2004. (Proposta em discussão).

BRASIL. Medida Provisória nº 441, de 28 de dezembro de 2007. Dispõe sobre o Programa Nacional de Inclusão de Jovens (ProJovem), instituído pela Lei nº 11.129, de 30 de junho de 2005, altera a Lei nº 10.836, de 9 de janeiro de 2004, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 dez. 2007. Disponível em: <https://bit.ly/44iuCED>. Acesso em: 15 nov. 2016.

BRASIL. Lei nº 11.741, de 16 de julho de 2008. Altera dispositivos da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para redimensionar, institucionalizar e integrar as ações da educação profissional técnica de nível médio, da

educação de jovens e adultos e da educação profissional e tecnológica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/4jZxr34>. Acesso em: 10 jun. 2017.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 dez. 2008. Disponível em: <https://bit.ly/3hGH8VL>. Acesso em: 10 jun. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Expansão da Rede Federal**. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2xXkKPW>. Acesso em: 8 jun. 2017.

CAIRES, Vanessa Guerra. **Políticas para a Educação Profissional e a articulação entre o Ensino Profissional e o Ensino Médio**: estudo comparativo sobre o Ensino Integrado, em uma Instituição da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica de Minas Gerais. 2016. 392f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CORDÃO, Francisco Aparecido. A Educação Profissional no Brasil. In: PROGRAMA DE ESTUDOS PÓS-GRADUADOS EM EDUCAÇÃO: PSICOLOGIA DA EDUCAÇÃO, PUC/SP (org.). **Ensino Médio e Ensino Técnico no Brasil e em Portugal**: Raízes Históricas e Panorama atual. Campinas: Autores Associados, 2005, p. 43-109.

CORDÃO, Francisco Aparecido. Educação Profissional: Cidadania e Trabalho. Entrevista concedida a Carlos Roberto Jamil Cury. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, p. 46-55, jan./abr. 2006.

CUNHA, Luiz Antônio. O Ensino Industrial-Manufatureiro no Brasil. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, n. 14, p. 89-193, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/3WTwv6b>. Acesso em: 5 ago. 2017.

MANFREDI, Sílvia Maria. **Educação Profissional no Brasil**. São Paulo: Cortez Editora, 2002.

MOREIRA, Priscila Rezende. A organização da educação profissional e a questão do dualismo escolar. **Trabalho & Educação**, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, v. 22, n. 1, p. 183-195, jan.-abr., 2013.

PACHECO, Elizer; REZENDE, Caetana. Institutos Federais: um futuro por armar. *In: SILVA, Caetana Jurazy Rezende (org.). Institutos Federais lei 11.892, de 29/11/2008: comentários e reflexões.* Natal: IFRN, 2009.

PEREIRA, Luiz Augusto Caldas. **Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.** 2008. Disponível em: <https://bit.ly/4jsEznd>. Acesso em: 28 jun. 2017.

SILVA, Wander Augusto. **Fatores de Permanência e Evasão no Programa de Educação Profissional de Minas Gerais (PEP/MG): 2007 a 2010.** 2013. 221f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SOUZA, Maria Zélia Maia de. **Educar, Trabalhar, Civilizar no Asilo de Meninos Desvalidos (1875-1894): caminhos possíveis.** 2008. 114f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

13. ABORDAGEM INTEGRATIVA DA RELAÇÃO MARCO LEGAL DA INOVAÇÃO, INOVAÇÃO E ECONOMIA DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO

Thaís Campos Maria

Introdução

A nova realidade compreendida pela Economia da Informação e do Conhecimento (EIC) alterou os meios de produção, concedendo ao elemento conhecimento a centralidade dos processos produtivos. Como forma de garantir a intangibilidade a esses processos, surge um aparato jurídico representado pelo Marco Legal da Inovação com o objetivo de regulamentar as ações inovadoras desenvolvidas pelos agentes responsáveis pela promoção da inovação, quais sejam, universidade, empresa e Estado.

No âmbito da EIC, os institutos federais passam por um processo de reformulação de suas políticas de inovação de maneira que possam atender ao desenvolvimento científico, tecnológico e inovador. A análise do Marco auxilia nas discussões acerca da inovação no âmbito das instituições de ensino públicas, sejam universidades ou institutos federais e contribui para a verificação da efetividade dos agentes responsáveis pelos processos inovadores no âmbito das Instituições de Ciência e Tecnologia ICTs, com vistas a determinar o alcance e efetividade da legislação.

Este capítulo objetiva apresentar uma abordagem integrativa diante da necessidade de se investigar a relação entre as temáticas Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento para o desenvolvimento de uma pesquisa inédita e relevante, além de preencher supostas lacunas de pesquisa existentes. A partir do contexto da Economia da Informação e do Conhecimento (EIC), buscou-se responder qual a influência que o Marco Legal da Inovação exerce nas ações de cunho inovativo das ICTs?

A identificação dos artigos foi realizada por meio de um mapeamento sistemático de publicações contidas em bases que apresentam critérios de qualidade e confiabilidade no âmbito acadêmico, quais sejam, Scopus, *Web of Science*.

1. Economia da informação e do conhecimento

A multiplicidade de sentidos contida na expressão “economia da informação e do conhecimento (EIC)”, evidencia a ruptura com os modos industriais de produção para a emergência de um novo padrão sociotécnico-econômico. Com a EIC, informação e conhecimento assumem um papel estratégico em que inovações sociais, econômicas, políticas, organizacionais sustentam a nova sociedade estabelecida pautada na inovação e no crescimento econômico (Lastres; Albagli, 1999).

O termo EIC traz consigo a ideia de um novo contexto em que informação e conhecimento “transformam-se em fontes de maior produtividade e de crescimento econômico” (Lastres, 1999, p. 4). A informação e o conhecimento, segundo Albagli (2005, p. 7), “são socialmente moldados e constituem elementos importantes no binômio inclusão-exclusão social”. Ainda para Albagli (2005), informação e conhecimento são elementos fundamentais de poder (Estados e capitais), objetos de políticas públicas, de estratégias

privadas e representam a hegemonia (geo)política e de competitividade econômica.

Os termos sociedade da informação e sociedade existem, mas há uma ausência de conformidade e consenso dos termos. A expressão sociedade da informação reafirma-se com a chegada dos anos 90, a partir do desenvolvimento da internet e das tecnologias de informação e comunicação (TIC), momento no qual se objetivou a instauração de um mercado mundial aberto e autorregulado, em que os benefícios estariam ao alcance de todos (Burch, 2005).

A sociedade do conhecimento, segundo Burch (2005), surge ao final da década de 1990 como referência que alguns fazem à sociedade da informação. A sociedade da informação relaciona-se ao acesso à informação que os indivíduos obtêm por meio dos meios eletrônicos, enquanto a sociedade do conhecimento aponta como uma ruptura nos meios de produção capitalista, baseando-se nos bens intangíveis e no trabalho em rede (Quevedo, 2007).

Para Francisco e Silva Neto (2017, p. 137), a importância dos termos não reside em seus conceitos, mas nas

possibilidades de interação que essa movimentação proporciona através de uma cultura digital, cultura esta que favoreça a apropriação das tecnologias para especificidades de desenvolvimento de cada comunidade.

Percebe-se entre os autores mencionados a utilização da palavra sociedade em lugar de economia, entretanto a EIC é entendida no mesmo sentido. Em termos conceituais, a economia da informação adquire uma menor abrangência quando comparada à economia do conhecimento.

A economia da informação busca a diminuição de acesso aos meios digitais, enquanto a economia do conhecimento deixa de lado

a tangibilidade dos meios de produção e pauta-se em elementos necessários à construção do saber para a formação do conhecimento.

2. Inovação

Há pelo senso comum diferentes concepções acerca do conceito de inovação, sendo eventualmente confundido com invenção. Anteriormente à diferenciação dos termos, cumpre dizer que criar ideias é o primeiro passo para que as organizações pertencentes à EIC obtenha um diferencial competitivo. Gerar e executar ideias são etapas essenciais para o desenvolvimento do processo inovativo (Serafim, 2011).

Conforme Serafim (2011), quando uma ideia original se concretiza e torna-se tangível, obtém-se a invenção, ou seja, a implementação de uma criatividade. A invenção, portanto, pode ser definida como a transformação de uma ideia representada por modelos ou protótipos, advindos do resultado de uma ação deliberada para a criação de algo com alguma finalidade (Serafim, 2011).

A maioria dos autores diferenciam inovação de invenção ao relacionar a inovação a uma aplicação comercial e prática de ideias ou invenções (Trott, 2012).

Para se conseguir diferenciar claramente inovação de invenção no âmbito das organizações, é importante notar que há invenções que não apresentam nada de transformador e uma invenção para se configurar como inovação necessita ter visibilidade comercial, ser adotada pelo mercado e conseguir gerar retorno aos *stakeholders* envolvidos (Serafim, 2011).

Os conceitos

acerca de inovação podem variar na teoria, mas todas ressaltam a necessidade de completar os aspectos de desenvolvimento e aprofundamento de novos conhecimentos, não somente de sua invenção (Tidd; Bessant, 2015, p. 18).

Se uma novidade posta no mercado não causa impacto na sociedade, não vinga ou não é aceita pelos consumidores, ela se restringe a ser chamada apenas de uma invenção, mesmo que seja extremamente brilhante (Serafim, 2011).

Conforme Trott (2012, p. 15), a inovação possui um ponto de partida:

A concepção de ideias novas é o ponto de partida da inovação. Uma ideia nova, em si, embora interessante, não é nem uma invenção nem uma inovação: é meramente um conceito ou um pensamento, ou em conjunto de pensamentos. O processo de conversão de pensamentos intelectuais em um novo e tangível artefato (em geral, um produto ou processo) é uma invenção. É aí que ciência e tecnologia, na maioria das vezes, têm um papel significativo. Nesse estágio, as invenções precisam ser combinadas com o trabalho árduo de muitas pessoas diferentes, a fim de serem convertidas em produtos que vão melhorar o desempenho da companhia. Essas últimas atividades representam a exploração. Entretanto, é o trabalho completo que representa a inovação. Isso introduz a noção de que inovação é um processo com uma série de características distintas que devem ser administradas [...]. Então, resumindo, a inovação depende de invenções, mas as invenções precisam ser atreladas a atividades comerciais antes que possam contribuir para o crescimento de uma organização.

Definida como “a gestão de todas as atividades envolvidas no processo de geração de ideias, desenvolvimento de tecnologias, fabricação e marketing de um produto ou de um processo de fabricação ou equipamentos” (Trott, 2012, p. 15), a inovação é aqui compreendida como a noção de um processo capaz de modificar uma ideia e agregá-la a algum valor comercial.

3. Marco legal da inovação

O arcabouço jurídico referente à inovação passou por consideradas alterações até a entrada da Lei nº 13.243/2016, conhecida como o Marco Legal da Inovação. Conforme o quadro abaixo, houve toda uma evolução histórica de disposições legais até se chegar à publicação do Marco:

Número da Lei	Nome/Assunto da Lei
Lei 10.973, de 2 de dezembro de 2004	Lei de Inovação
Lei 6.815, de 19 de agosto de 1980	Estatuto do Estrangeiro
Lei 8.666, de 21 de junho de 1993	Lei de Licitação
Lei 12.464, de 4 de agosto de 2011	Regime Diferenciado de Contratações PÚblicas – RDC
Lei 8.745, de 9 de dezembro de 1993	Dispõe sobre contratação por tempo determinado para atender a necessidade temporária de excepcional interesse público
Lei 8.958, de 20 de dezembro de 1994	Dispõe sobre as relações entre as instituições federais de ensino superior e de pesquisa científica e tecnológica e as fundações de apoio
Lei 8.010, de 29 de março de 1990	Dispõe sobre a importação de bens destinados à pesquisa científica e tecnológica
Lei 8.032, 12 de abril de 1990	Dispõe sobre isenção ou redução de impostos de importação
Lei 12.772, de 28 de dezembro de 2012	Dispõe sobre a estruturação do plano de carreiras e cargos de magistério federal

Quadro 1. Leis alteradas pelo Novo Marco Legal

Fonte: Adaptado de *Gimenez, Bonacelli e Bambini (2018)*.

Alterando a Lei de Inovação, vem o Marco e estabelece medidas em prol dos processos produtivos de inovação, almejando melhorias na capacidade tecnológica do país e no desenvolvimento produtivo nacional (Brasil, 2016). A criação do Marco Legal da Inovação objetivou desburocratizar ações de inovação, até então

engessadas pelas legislações anteriores, pautada em estímulos que refletissem no desenvolvimento científico, tecnológico e inovativo.

Com o viés direcionado à promoção de atividades de caráter inovador, destaca-se os seguintes princípios estabelecidos pelo Marco:

(i) – promoção das atividades científicas e tecnológicas como estratégicas para o desenvolvimento econômico e social; (ii) – promoção e continuidade dos processos de desenvolvimento científico, tecnológico e de inovação, assegurados os recursos humanos, econômicos e financeiros para tal finalidade; (iii) – redução das desigualdades regionais; (iv) – descentralização das atividades de ciência, tecnologia e inovação em cada esfera de governo, com desconcentração em cada ente federado; (v) – promoção da cooperação e interação entre os entes públicos, entre os setores público e privado e entre empresas; (vi) – estímulo à atividade de inovação nas Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs) e nas empresas, inclusive para a atração, a constituição e a instalação de centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação e de parques e polos tecnológicos no País; (vii) – promoção da competitividade empresarial nos mercados nacional e internacional; (viii) – incentivo à constituição de ambientes favoráveis à inovação e às atividades de transferência de tecnologia; (ix) – promoção e continuidade dos processos de formação e capacitação científica e tecnológica; (x) – fortalecimento das capacidades operacional, científica, tecnológica e administrativa das ICTs; (xi) – atratividade dos instrumentos de fomento e de crédito, bem como sua permanente atualização e aperfeiçoamento; (xii) – simplificação de procedimentos para gestão de projetos de ciência, tecnologia e inovação e adoção de controle por resultados em sua avaliação; (xiii) – utilização do poder de compra do Estado para fomento à inovação; (xiv) – apoio, incentivo e integração dos inventores independentes às atividades das ICTs e ao sistema produtivo (Brasil, 2016).

Conforme Gimenez, Bonacelli e Bambini (2018), a Lei nº 13.243/2016 introduziu alterações significativas em todo o arcabouço jurídico da inovação. Houve:

(i) a introdução do termo inovação ao nome das ICTs; (ii) introdução do conceito de extensão tecnológica; (iii) permissão para que pesquisadores e docentes de ICTs públicas, em regime de dedicação exclusiva, exerçam atividade de pesquisa também no setor privado, com remuneração; (iv) concessão de licença não remunerada, a pesquisador público, para constituição de empresa cujo objeto de exploração esteja relacionado com a inovação; (v) aumento do número de horas que os docentes vinculados ao regime de dedicação exclusiva podem dedicar a atividades de natureza científica ou tecnológica; (vi) incorporação na Lei do conceito de capital intelectual; (vii) obrigatoriedade da instituição de uma política de inovação nas ICTs públicas; (viii) possibilidade dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) atuarem como Fundações de Apoio; (ix) estímulo à internacionalização das ICTs, permitindo que atuem no exterior; (x) dispensa de abertura de processo licitatório para celebração de contratos de transferência de e licenciamentos; (xi) tratamento prioritário e simplificação dos procedimentos para importação e de desembaraço aduaneiro de bens, insumos, reagentes, peças e componentes a serem utilizados em pesquisa científica e tecnológica ou em projetos de inovação; (xii) simplificação e uniformização dos procedimentos de prestação de contas dos recursos repassados (Gimenez; Bonacelli; Bambini, 2018, p. 05).

Tais alterações podem ser mais bem visualizadas e compreendidas, conforme quadro abaixo:

Alterações de caráter inovativo	Dispositivo Legal
Introdução do termo inovação ao nome das ICTs	Art. 2º, inciso IV, da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Introdução do conceito de extensão tecnológica	Art. 2º, inciso XII, da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Permissão para que pesquisadores e docentes de ICTs públicas, em regime de dedicação exclusiva, exerçam atividade de pesquisa também no setor privado, com remuneração	Art. 14-A da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Concessão de licença não remunerada, a pesquisador público, para constituição de empresa cujo objeto de exploração esteja relacionado com a inovação	Art. 15 da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Aumento do número de horas que os docentes vinculados ao regime de dedicação exclusiva podem dedicar a atividades de natureza científica ou tecnológica	Art. 21, inciso XII – Lei nº 12.772/2012
Incorporação na Lei do conceito de capital intelectual	Art. 2º, inciso XIV, da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Obrigatoriedade da instituição de uma política de inovação nas ICTs públicas	Art. 15-A da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Possibilidade dos Núcleos de Inovação Tecnológica (NIT) atuarem como Fundações de Apoio	Art. 2º, inciso VII, da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Estímulo à internacionalização das ICTs, permitindo que atuem no exterior	Art. 3º-C, Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Dispensa de abertura de processo licitatório para celebração de contratos de transferência de e licenciamentos	Art. 6º, § 2º da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação
Tratamento prioritário e simplificação dos procedimentos para importação e de desembaraço aduaneiro de bens, insumos, reagentes, peças e componentes a serem utilizados em pesquisa científica e tecnológica ou em projetos de inovação	Leis nº 8.010/1990 e nº 8.032/1990
Simplificação e uniformização dos procedimentos de prestação de contas dos recursos repassados	Art. 27-A, da Lei nº 10.973/2004 – Lei de Inovação

Quadro 2. Alterações introduzidas pelo Marco Legal da Inovação

Fonte: Elaborado pela autora.

O aparato legal do novo Marco, portanto, surgiu no intuito de uma maior integração entre ciência, tecnologia e inovação, trazendo disposições legais até então ausentes para a condução das atividades de inovação em setores públicos e privados. Um maior incentivo nas relações de parcerias é dado às ICTs.

Assim, um dos propósitos deste estudo é vislumbrar sobre os alcances que a legislação conseguiu obter no âmbito das instituições públicas federais de ensino, identificando ganhos de caráter inovativo que as universidades, institutos federais e fundações de fomento apresentam em suas atividades. Para assim, posteriormente, preencher possíveis lacunas de pesquisa.

4. Resultados

Os estudos envolvendo um mapeamento sistemático possuem um método específico e peculiar, iniciando por um protocolo de revisão e resumindo as etapas da revisão sistemática em três fases principais: planejamento, condução e apresentação (Kitchenham; Charters, 2007). Pela técnica de mapeamento, Malcher *et al.* (2015) consideram a identificação das questões de pesquisa o procedimento mais importante presente na etapa do planejamento, pois toda pesquisa deve ser limitada pelo escopo da questão a ser respondida.

O mapeamento sistemático desse estudo ocorreu a partir de uma busca pelas bases Scopus, Web of Science e EBSCO. Optou-se por essas bases devido aos critérios de “qualidade e originalidade adotados pela inclusão de periódicos” (Ferreira *et al.*, 2018, p. 99). A base Scopus consta nos registros do portal de periódicos Capes, compilando publicações científicas a fim de facilitar os esforços de pesquisa dos pesquisadores brasileiros (Ferreira *et al.*, 2018).

Também disponibilizada pelo Portal Capes, a Web of Since contém periódicos e documentos científicos nas áreas de ciências sociais, humanas e artes, tratando de uma base de referências bibliográficas

(Neves; Jankoski, 2020). E atendendo às necessidades de pesquisa dos usuários em universidades, encontra-se a base EBSCO que fornece aos pesquisadores conteúdo de textos completo (EBSCO, 2020).

4.1 Análise individual das temáticas: Marco Legal da Inovação, Inovação e Núcleo de Tecnologia e Inovação

Por meio da busca dos constructos de maneira isolada, considerando os parâmetros de pesquisa apresentados no Quadro 3, percebeu-se que há literatura que aborda os temas separadamente, conforme é apresentado nos quadros 4, 5 e 6. Na pesquisa realizada no dia 13 de janeiro de 2020, por meio das chaves de busca, encontrou-se um número considerável de documentos (somando o resultado das três bases) contendo pelo menos um dos termos Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento.

Realizada em:	13/1/2020
Período:	Sem restrições
Campos de Pesquisa Scopus:	Título, palavras-chave e resumo
Campos de Pesquisa Web of Science:	Tópico
Campos de Pesquisa EBSCO	Resumo
Tipo de Publicação:	Artigos e livros
Nível da Publicação:	Sem restrições
Idiomas:	Sem restrições

Quadro 3. Parâmetros de pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa.

Na busca pelo termo Marco Legal da Inovação, nota-se o menor retorno obtido pelas bases. Houve um retorno em cada uma das três bases pesquisadas, conforme demonstrado no Quadro 4.

Termos de pesquisa:	“Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework”
Retornos Scopus:	1 documento
Retornos Web of Science:	1 documento
Retornos EBSCO:	1 documento

Quadro 4. Pesquisa utilizando o termo Marco Legal da Inovação

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao se pesquisar o termo Inovação, o retorno obtido nas bases de busca é maior. Demonstrando uma maior intensidade de pesquisa da temática quando em busca isolada, conforme apresentado no Quadro 5:

Termos de pesquisa:	“Inovação” OR “Innovation”
Retornos Scopus:	396.392 documentos
Retornos Web of Science:	280.050 documentos
Retornos EBSCO:	813.484 documentos

Quadro 5. Pesquisa utilizando o termo Inovação

Fonte: Dados da pesquisa.

Na busca exposta no Quadro 6, optou-se por entrelaçar os constructos Economia da Informação e do Conhecimento.

Termos de pesquisa:	“Economia da Informação e do Conhecimento” OR “Economia da Informação e Conhecimento” OR “Information and Knowledge Economy”
Retornos Scopus:	16 documentos
Retornos Web of Science:	12 documentos
Retornos EBSCO:	10 documentos

Quadro 6. Pesquisa utilizando o termo Economia da Informação e do Conhecimento

Fonte: Dados da pesquisa.

Na busca pelo termo Economia da Informação e do Conhecimento, a intensidade de publicações encontradas foi a segunda mais

baixa dos três constructos em análise. Houve um retorno de 16 documentos na base Scopus; 12 na Web of Science e 10 na EBSCO.

Nota-se, ao observar os quadros 4, 5 e 6, que estudos sobre Inovação são os mais encontrados na base, demonstrando a importância do desenvolvimento da temática para as organizações e a sociedade.

4.2 Análise relacional das temáticas: Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento

Ao relacionar os termos Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento, também considerando os parâmetros de pesquisa apresentados no Quadro 3, tem-se os resultados apresentados nos quadros 7, 8, 9 e 10.

No Quadro 7 relacionou-se os constructos Marco Legal da Inovação e Inovação:

Termos de pesquisa:	(“Marco Legal da Inovação” <i>OR</i> “Innovation Legal Framework”) <i>AND</i> (“Inovação” <i>OR</i> “Innovation”)
Retornos Scopus:	1 documento
Retornos Web of Science:	1 documento
Retornos EBSCO:	1 documento

Quadro 7. Pesquisa Marco Legal da Inovação x Inovação

Fonte: Dados da pesquisa.

Apesar do constructo Inovação quando em busca isolada apresentar uma alta intensidade de publicações, quando pesquisado junto com o termo Marco Legal da Inovação, verifica-se um baixíssimo retorno nas bases. Cada uma das bases analisadas retornaram um único documento, conforme demonstrado no Quadro 7.

O Quadro 8 apresenta a busca realizada entre os constructos Marco Legal da Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento:

Termos de pesquisa:	(“Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework”) AND (“Economia da Informação e do Conhecimento” OR “Economia da Informação e Conhecimento” OR “Information and Knowledge Economy”)
Retornos Scopus:	0 documentos
Retornos Web of Science:	0 documentos
Retornos EBSCO:	0 documentos

Quadro 8. Pesquisa Marco Legal da Inovação x Economia da Informação e do Conhecimento

Fonte: Dados da pesquisa.

A procura pelos termos Marco Legal da Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento não obteve nenhum retorno das bases de dados. O que evidencia a lacuna de pesquisas na temática levantada.

O Quadro 9 apresenta os retornos obtidos das buscas entre os constructos Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento:

Termos de pesquisa:	(“Inovação” OR “Innovation”) AND (“Economia da Informação e do Conhecimento” OR “Economia da Informação e Conhecimento” OR “Information and Knowledge Economy”)
Retornos Scopus:	2 documentos
Retornos Web of Science:	1 documento
Retornos EBSCO:	0 documentos

Quadro 9. Inovação x Economia da Informação e do Conhecimento

Fonte: Dados da pesquisa.

Na busca pelos termos Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento retornam apenas 3 documentos. Sendo 2 na base Scopus e 1 na base Web of Science.

O Quadro 10 traz a busca realizada entre o entrelaçamento dos três constructos definidos: Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento.

Termos de pesquisa:	(“Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework”) AND (“Inovação” OR “Innovation”) AND (“Economia da Informação e do Conhecimento” OR “Economia da Informação e Conhecimento” OR “Information and Knowledge Economy”)
Retornos Scopus:	0 documentos
Retornos Web of Science:	0 documentos
Retornos EBSCO:	0 documentos

Quadro 10. Pesquisa Marco Legal da Inovação x Inovação x Economia da Informação e do Conhecimento

Fonte: Dados da pesquisa.

Quando se entrelaça todos os constructos da pesquisa não se obtém nenhum retorno nas bases. A temática envolvendo Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento é comprovadamente lacunosa, a partir das buscas realizadas.

Ao analisar os quadros 7, 8, 9 e 10, percebe-se que as pesquisas que relacionam as temáticas são incipientes, pois, sequer nenhum documento é retornado quando se relaciona os três termos nas bases e nenhum estudo abordou tal observação, deixando evidente a lacuna de pesquisa.

4.3 Exposição dos documentos encontrados nas buscas das bases: trabalhos relacionados

Neste tópico, busca-se expor o levantamento dos artigos científicos obtidos a partir das pesquisas realizadas nas bases Scopus, Web of Science e EBSCO já definidas. Optou-se por registrar, inicialmente, apenas os arquivos obtidos pela busca isolada do constructo “Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework”, que registrou menor incidência de retorno em relação aos demais termos escolhidos.

Almejou-se, a partir da análise deste constructo, evidenciar possíveis lacunas e estudos relacionados ao tema, tendo em vista que o

termo em questão é campo empírico do estudo, portanto, essencial ao desenvolvimento de futuras pesquisas.

Posteriormente, partiu-se para a verificação dos entrelaçamentos realizados entre os constructos “Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework” AND “Inovação” OR “Innovation”. Foi possível observar, neste momento, que a incidência e os documentos levantados foram os mesmos que da primeira análise.

O Quadro 11 expõe os artigos científicos retornados da busca realizada entre os termos Marco Legal da Inovação e Inovação.

Título documento	Ano	Autor	Contextualização
DA RECENTE LEGISLAÇÃO SOBRE INOVAÇÃO E SEUS EFEITOS PARA AS UNIVERSIDADES FEDERAIS	2016	Davi Monteiro Diniz; Rúbia Carneiro Neves	Este estudo analisa os efeitos, para as universidades federais, decorrentes de recentes alterações legislativas editadas na Emenda Constitucional 85/2015 e na Lei 13.243/2016, conhecida como marco legal da inovação. Analisa os efeitos provocados pelo marco legal da inovação para a criação de conhecimento inovador no âmbito das universidades federais e sua difusão para a sociedade.
RENEWABLE ENERGY COOPERATIVES AS GATEKEEPERS OR FACILITATORS? RECENT DEVELOPMENTS IN GERMANY AND A MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AGENDA (COOPERATIVAS DE ENERGIA RENOVÁVEL COMO PORTEIROS OU FACILITADORES? DESENVOLVIMENTOS RECENTES NA ALEMANHA E UMA AGENDA DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR)	2015	Ozgür Yıldız <i>et al.</i>	Este artigo apresenta uma visão geral das cooperativas alemãs de energia em termos de organização, financiamento e associação.

Título documento	Ano	Autor	Contextualização
INSTITUCIONALIZAÇÃO DE NÚCLEOS DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM INSTITUIÇÕES DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA REGIÃO SUL DO BRASIL	2017	Hilka Pelizza Vier Machado; Rejane Sartori; João Marcelo Crubellate	Esta pesquisa teve como objetivo conhecer como ocorreu a institucionalização de NITs implantados no Sul do Brasil, uma vez que estes representam importante pilar no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCT&I).

Quadro 11. Exposição da pesquisa “Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework” / “Marco Legal da Inovação” OR “Innovation Legal Framework” AND “Inovação” OR “Innovation”

Fonte: Dados da pesquisa.

Verifica-se que apesar do retorno de 3 artigos, apenas 2 apresentam ligação direta com a temática desenvolvida. Os artigos intitulados como “Da recente legislação sobre inovação e seus efeitos para as universidades federais” e “Institucionalização de Núcleos de Inovação Tecnológica em Instituições de Ciência e Tecnologia da região Sul do Brasil” discutem assuntos voltados para a temática do Marco Legal da Inovação e de ações de Inovação.

As discussões dos dois artigos giram em torno das disposições legais sobre o termo Inovação, referindo-se constantemente ao Marco Legal da Inovação e à atuação dos Núcleos de Inovação Tecnológica, que em razão da obrigatoriedade legal que estabeleceu as “universidades e institutos públicos de pesquisas e tecnologia estruturarem um órgão, constituído por uma ou mais Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs)” (Machado; Sartori; Crubellate, 2017, p. 5), tornou-se objeto da presente pesquisa.

Considera-se, além disso, propício o debate quanto à “criação de conhecimento inovador no âmbito das universidades federais e sua difusão para a sociedade” (Diniz; Neves, 2016, p. 1) e da institucionalização, estruturação e funcionamento dos NITs dentro das ICTs como meio de auxílio nas ações de inovação.

Os artigos retornados, e com relação aos constructos definidos, discutiram sobre a Lei de Inovação, sobre o Marco Legal da Inovação e suas alterações para as ações de inovações nas universidades. Trataram de assuntos como implementação, criação e estruturação dos Núcleos de Inovação Tecnológica, que se constituiu em um órgão de obrigatoriedade legal de modo a incentivar a pesquisa científica, tecnológica e de base inovadora.

Assuntos como a Tríplice Hélice ou a intricada relação universidade, Estado e empresa, assunto amplamente discutido em estudos da temática proposta, também são observados a partir das leituras dos artigos selecionados no Quadro 9. Segundo Diniz e Neves (2016, p. 21),

percebe-se, como resultado central, o maior aparelhamento das ICTs em geral, e da universidade federal em particular, para colaborar com a atividade estatal e com a atividade empresarial em matéria de inovação.

Verifica-se ainda, que as unidades de observação se constituem nos NITs de ICTs, compreendidas nestes casos, pelas universidades públicas federais ou estaduais, além de ICT de fundação de direito privado. As pesquisas levantadas não discriminam em seus estudos a análise dos núcleos de Institutos Federais.

Seguindo-se na verificação dos documentos obtidos pelas buscas da pesquisa, passou-se à análise do entrelaçamento de todos os constructos escolhidos: Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento. Registrhou-se 3 artigos. Entretanto, um dos artigos devido à impossibilidade de ser baixado na base, foi descartado. Assim, foram expostos os outros 2 restantes.

O Quadro 10 expõe a busca selecionada após a pesquisa do entrelaçamento dos três constructos escolhidos. Nota-se uma baixíssima incidência de publicação. Um dos artigos apresentados no

quadro abaixo não possui relação com a temática em estudo. O outro, insere-se no contexto da EIC, fazendo menção à inovação e ao desenvolvimento econômico.

Título documento	Ano	Autor	Contextualização
SELF-REGULATION OF THE E-COMMERCE IN ROMANIA-POSSIBLE SOLUTION FOR THE LIMITATION OF E-FRAUDS (AUTORREGULAÇÃO DO COMÉRCIO ELETRÔNICO NA ROMÊNIA – SOLUÇÃO POSSÍVEL PARA LIMITAÇÃO DE FRAUDES ELETRÔNICAS)	2008	Irina Albastroiu	Este artigo apresenta a importância e o objetivo da autorregularão do comércio eletrônico Romênia, como uma ferramenta que poderia ser usada para desvalorizar e diminuir as fraudes em todo o mundo.
COGNITION, LEARNING AND EUROPEAN REGIONAL GROWTH: AN AGENT-CENTRED PERSPECTIVE ON THE “NEW” ECONOMY (COGNIÇÃO, APRENDIZAGEM E CRESCIMENTO REGIONAL EUROPEU: UMA PERSPECTIVA CENTRADA NO AGENTE NA “NOVA” ECONOMIA)	2004	Paul Tracey; Gordon L. Clark; Helen Lawton Smith	O estudo objetivou-se em demonstrar que, o fenômeno americano, economia da informação e do conhecimento (EIC) combina aglomerados regionais de inovação com formas novas e sofisticadas de capital intelectual e financeiro. Entende-se a EIC como fonte de criação de riqueza e vantagem competitiva.

Quadro 12. Pesquisa (“Inovação” OR “Innovation”) AND (“Economia da Informação e do Conhecimento” OR “Economia da Informação e Conhecimento” OR “Information and Knowledge Economy”)

Fonte: Dados da pesquisa.

Na EIC o elemento conhecimento desponta e ganha centralidade, bem como os ativos intangíveis. É neste contexto, que a inovação se faz presente, partindo de novas tecnologias e estratégias que contribuam para o desenvolvimento econômico. Junto com a inovação, um aparato jurídico legal é criado de maneira a regular

as políticas de cunho inovativas estabelecidas entre universidade, empresa e governo.

Considerações finais

No intuito de verificar a incidência de publicações obtida a partir da interação da temática em estudo e as possíveis lacunas para o tema, realizou-se a busca nas bases Scopus, Web of Science e EBSCO. Houve uma busca isolada dos constructos: Marco Legal da Inovação, Inovação e Economia da Informação e do Conhecimento. Posteriormente, os constructos foram entrelaçados para a obtenção de novos retornos nas bases. Nem todas as buscas foram satisfatórias e apresentaram resultados favoráveis; em sua maioria, percebeu-se um baixo índice de documentos retornados.

Os artigos retornados das bases apontam a Economia da Informação e do Conhecimento como central para o desenvolvimento econômico e do progresso inovador, o que acarreta possíveis reflexões em torno da produção e geração do conhecimento.

Alguns artigos discutiram o Marco Legal da Inovação e suas alterações para as ações de inovações no âmbito das universidades públicas estaduais e federais e fundações de direito privado. Observou-se uma ausência de estudos feitos efetivamente no contexto dos Institutos Federais que também são considerados ICTs, evidenciando uma lacuna de pesquisa para a temática em estudo.

Assuntos como implementação, criação e estruturação dos Núcleos de Inovação Tecnológica, foram levantados nas buscas, confirmando a exigência legal dos NITs, conforme determina o Marco Legal da Inovação. Porém, pouco se aprofundou no papel e atuação desse órgão responsável pela implementação da política de inovação das ICTs.

A interação entre ICT, empresa e governo, representada pela tríplice hélice também foi apontada nos artigos retornados. A partir

dessa relação, é possível vislumbrar pesquisas futuras que enfatizem o papel desses atores para a promoção do processo inovativo, além de pesquisas voltadas para a prospecção tecnológica e transferência de tecnologia.

Referências

- ALBAGLI, Sarita. Informação, conhecimento e desenvolvimento. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO – ENANCIB*, 6., 2005, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis, 2005.
- BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, dentre outras. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 jan. 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3S6sVnz>. Acesso em 10 jul. 2024.
- BURCH, Sally. Sociedade da informação/ Sociedade do conhecimento. *In: AMBROSI, Alain; PEUGEOT, Valérie; PIMENTA, Daniel (coords.). Desafios de Palavras: Enfoques Multiculturais sobre as Sociedades da Informação*. C & F Éditions, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/4gCm2D7>. Acesso em: 22 abr. 2024.
- DINIZ, Davi Monteiro; NEVES, Rubia Carneiro. Da recente legislação sobre inovação e seus efeitos para as universidades federais. **Revista de Direito, Inovação, Propriedade Intelectual e Concorrência**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/3NGhiRu>. Acesso em: 22 jun. 2024.
- EBSCO. **EBSCO Information Services**. 2020. Disponível em: <http://bit.ly/3VhOwdk>. Acesso em: 7 jun. 2021.
- FERREIRA, Eric de Paula *et al.* Gestão do conhecimento, internet das coisas e inovação: a relação dos temas e a intensidade de pesquisas realizadas. **Revista NAVUS**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 99-112, 2018.
- FRANCISCO, Deise Juliana; SILVA NETO, Luiz Wilson Machado da Costa e. Questões sobre integração das tecnologias digitais da informação e comunicação e a ética em pesquisas. **Laplace em Revista (Sorocápolis)**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2019.

ba), v. 3, n. 2, p. 136-149, maio-ago. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/4htkrRo>. Acesso em: 22 abr. 2024.

GIMENEZ, Ana Maria Nunes; BONACELLI, Maria Beatriz Machado BAMBINI, Marta Delpino. O novo marco legal de ciência, tecnologia e inovação no Brasil: desafios para a universidade. **Revista Desenvolvimento em Debate**, v. 6, n. 2, p. 99-119, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/3NGCPts>. Acesso em: 22 jul. 2024.

KITCHENHAM, Bárbara. CHARTERS, Stuart M. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews. In: **Software Engineering, Technical Report EBSE2007-01**, Departament of Computer Science Keele University, Keele, 2007.

LASTRES, Helena M. M.; ALBAGLI, Sarita. Chaves para o Terceiro Milênio na Era do Conhecimento. In: LASTRES, Helena M. M.; ALBAGLI, Sarita (orgs.). **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

LASTRES, Helena M. M. Informação e conhecimento na nova ordem mundial. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 72-78, jan. 1999. Disponível em: <https://bit.ly/4hJO7JR>. Acesso em: 4 ago. 2014.

MACHADO, Hilka Pelizza Vier; SARTORI, Rejane; CRUBELLATE, João Marcelo. Institucionalização de Núcleos de Inovação Tecnológica em Instituições de Ciência e Tecnologia da região Sul do Brasil. **REAd. Rev. eletrôn. adm.**, Porto Alegre, v. 23, n. 3, p. 5-31, dez. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/40ONntn>. Acesso em: 21 jul. 2024.

MALCHER, Paulo Robson Campelo *et al.* Um Mapeamento Sistemático sobre Abordagens de Apoio à Rastreabilidade de Requisitos no Contexto de Projetos de Software. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**, n. 16, p. 3-15, 2015.

NEVES, Lilia Maria Bitar; JANKOSKI, Douglas Alex. **Tutorial da base Web of Since**. Biblioteca da Ciências da Saude – UFPR. 2020. Disponível em: <https://bit.ly/3XR6xB2>. Acesso em: 20 mar. 2025.

QUEVEDO, Luis Alberto. Conhecer para participar da sociedade do conhecimento. In: MACIEL, Maria Lucia; ALBAGLI, Sarita (orgs.). **Infor-**

mação e desenvolvimento: conhecimento, inovação e apropriação social. Brasília: IBICT, 2007, p. 55-70.

SERAFIM, Luiz Eduardo. **O poder da inovação:** a experiência da 3M e de outras empresas inovadoras. São Paulo: Saraiva, 2011.

TIDD, Joe; BESSANT, John; PAVITT, Keith. **Gestão da Inovação.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TROTT, Paul J. **Gestão da Inovação e desenvolvimento de novos produtos.** 4. ed. Porto Alegre: Boohman, 2012.

Título	Coletânea de Pesquisa do IFMG <i>Campus</i> Congonhas 2025
Organizadores	Sandro Coelho Costa Thaís Campos Maria
Assistência Editorial	Andressa Marques Juliana Oliveira
Capa	Gabriel Luis Pereira
Projeto Gráfico	Thainá Manzatto
Preparação	Andressa Marques
Revisão	Marcia Santos
Formato	16x23
Número de Páginas	296
Tipografia	Life BT
Papel	Alta Alvura Alcalino 75g/m ²
1^a Edição	Agosto de 2025

Caro Leitor,
Esperamos que esta obra tenha
correspondido às suas expectativas.

Compartilhe conosco suas dúvidas e sugestões:

sac@editorialpaco.com.br

 11 98599-3876

Publique sua obra pela Paco Editorial

EDIÇÃO DE QUALIDADE, DIVULGAÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO NACIONAL



Teses e dissertações

Trabalhos relevantes que representam contribuições significativas para suas áreas temáticas.



Grupos de estudo

Resultados de estudos e discussões de grupos de pesquisas de todas as áreas temáticas.



Capítulo de livro

Livros organizados pela editora dos quais o pesquisador participa com a publicação de capítulos.



Técnicos e Pofissionais

Livros para dar suporte à atuação de profissionais das mais diversas áreas.

Envie seu conteúdo para avaliação:

livros@pacoeditorial.com.br

11 4521-6315

 11 95394-0872

www.editorialpaco.com.br/publique-na-paco/

Todo mês novas chamadas são abertas:

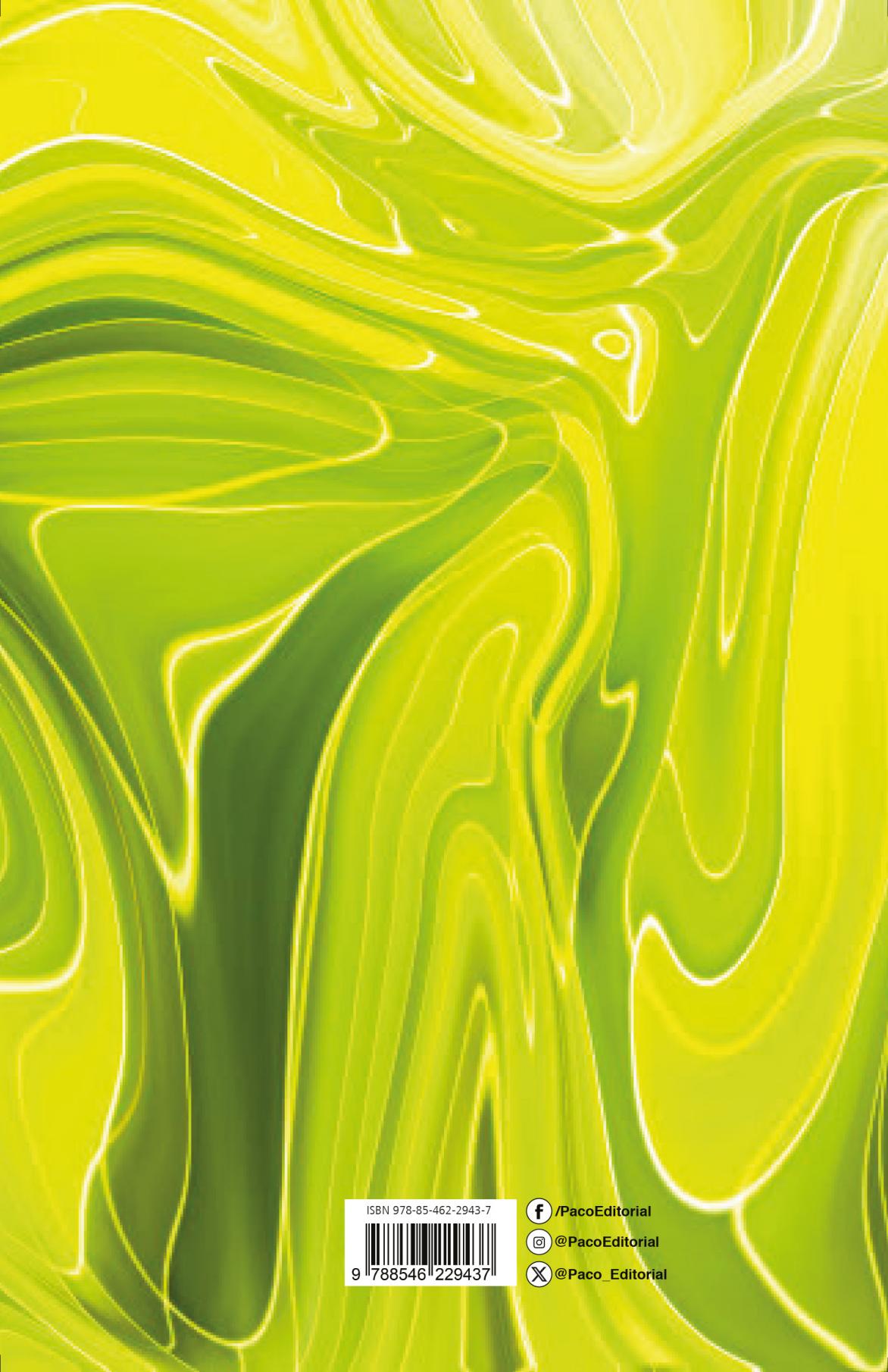
www.editorialpaco.com.br/capitulo-de-livros/

Conheça outros títulos em

www.pacolivros.com.br

PACO  EDITORIAL

Av. Carlos Salles Block, 658
Ed. Altos do Anhangabaú – 2º Andar, Sala 21
Anhangabaú - Jundiaí-SP - 13208-100



ISBN 978-85-462-2943-7



9 788546 229437

 /PacoEditorial

 @PacoEditorial

 @Paco_Editorial