

A FILOSOFIA LEAN MANUFACTURING COMO PROMOTORA DE SUSTENTABILIDADE EM OPERAÇÕES DE FABRICAÇÃO DE GESSO

THE LEAN MANUFACTURING PHILOSOPHY AS A PROMOTER OF SUSTAINABILITY IN GYPSUM MANUFACTURING OPERATIONS

Larissa Silva Dantas* e-mail: dantaslarissa51@gmail.com

Pedro Vieira Souza Santos* e-mail: pedrovieirass@hotmail.com

Ciro Henrique de Araújo Fernandes* e-mail: ciro.fernandes@aol.com

Vivianni Marques Leite dos Santos* e-mail: vivianni.santos@gmail.com

*Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Juazeiro, BA, Brasil.

Resumo: A conduta *Lean* foca na redução de desperdícios intrínsecos ao ambiente interno da empresa, em qualquer área operacional, a partir da melhor alocação de recursos principais. Um dos setores da indústria que se destaca no campo nacional é o de fabricação de gesso (sulfato de cálcio hemihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). O objetivo deste trabalho foi indicar a relação da Filosofia *Lean* e suas ferramentas com a promoção da sustentabilidade das operações de uma calcinadora de gesso, localizada na região do Araripe, em Pernambuco. A partir da identificação das perdas no processo interno da empresa, foram indicadas as ferramentas inerentes à Filosofia *Lean Manufacturing* para cada tipo de desperdício. Por fim, o plano de ação 5W1H foi elaborado, com atividades elencadas de modo que haja melhoria contínua no processo interno da calcinadora. A implementação da manufatura enxuta, além de contribuir para a sustentabilidade do processo, é uma maneira eficiente de reduzir o custo da empresa sem incorrer em altos investimentos de capital. Além disso, com a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*, pode-se aumentar a vantagem competitiva e reduzir os custos operacionais da empresa calcinadora.

Palavras-chave: Gestão. Sustentabilidade. Desperdícios. Gesso.

Abstract: The Lean approach focuses on the reduction of waste intrinsic to the company's internal environment, in any operational area, based on the best allocation of main resources. One of the sectors of the industry that stands out in the National field, is the manufacture of gypsum (calcium sulfate hemihydrate, $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$). The objective of this work was to indicate the relationship of Lean Philosophy and its tools with the promotion of the sustainability of the operations of a plaster calciner, located in the Araripe region, in Pernambuco. From the identification of losses in the company's internal process, the tools inherent to the Lean Manufacturing Philosophy were indicated for each type of waste. Finally, the 5W1H action plan was prepared, with activities listed so that there is continuous improvement in the internal process of the calciner. The implementation of lean manufacturing, in addition to contributing to the sustainability of the process, is an efficient way to reduce the company's cost without incurring high capital investments. In addition, with the application of Lean Manufacturing tools, it is possible to increase the competitive advantage and reduce the operating costs of the calcining company.

Keywords: Management. Sustainability. Waste. Gypsum.

1 INTRODUÇÃO

Ultimamente, diante de um contexto mercadológico cada vez mais competitivo, a adoção de práticas gerenciais com vistas à eficiência dos processos internos é crucial para garantir a produtividade e o lucro. Nesse contexto, diversos fatores precisam ser considerados para a garantia de vantagem competitiva, como por exemplo, a qualidade do produto, o bom desempenho das operações e o atendimento adequado das demandas dos clientes (Sabadka; Molnar; Fedorko, 2017; Santos, 2020).

A partir desse fato, as empresas devem analisar novas alternativas de gestão para então, conseguirem sucesso neste cenário cada vez mais acirrado, tendo como principal objetivo o controle melhorado dos processos de produção e das atividades e/ou recursos que integram esses processos; tornando a produção mais eficiente, maximizando a utilização dos recursos disponíveis e reduzindo as atividades que não agregam valor ao produto acabado (Moreira, 2011; Zhan *et al.*, 2018; Araújo, Lima; Sobral, 2018; Souza Júnior *et al.*, 2022).

Do ponto de vista da eficiência, Garza-Reyes *et al.* (2010) afirmam que o termo, de modo geral, reflete à medida que um resultado é alcançado observando uma menor quantidade de desperdício e esforço, ou seja, realizar uma operação com o mínimo de perdas. Kim *et al.* (2014) apontam que, diversas técnicas e metodologias de gestão foram desenvolvidas ao longo do tempo com foco na melhoria dos processos.

Uma das práticas adotadas por muitas empresas, de diversos setores, é a Filosofia *Lean Manufacturing*. O termo foi popularizado ao final dos anos 80, derivado do estudo sobre a manufatura automobilística japonesa. Trata-se de uma terminologia criada pelos pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (Begam, Swamynathan e Sekkizhar, 2014; Oliveira *et al.*, 2024).

A abordagem proposta pelo *Lean*, pode ser entendida como uma agregação de princípios, ferramentas e/ou técnicas que, associadas, tem como propósito a melhoria. Tal avanço pode ser considerado em função da qualidade, custo e ainda a

satisfação do cliente, por exemplo, corrigindo as atividades que não agregam valor ao produto (Drew, McCallum e Roggenhofer, 2016; Santos, 2019).

De acordo com Bayat e Dadashzadeh (2017), a conduta *Lean* foca na redução de desperdícios intrínsecos ao ambiente interno da empresa, em qualquer área operacional, a partir da melhor alocação de recursos principais. Assim, seja em qual for o tipo de indústria tem-se um impacto direto e favorável nos processos de manufatura.

Um dos setores da indústria que se destaca no campo nacional, é o de fabricação de gesso (sulfato de cálcio hemihidratado, $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). De acordo com Barbosa, Ferraz e Santos (2014), a produção do gesso natural ocorre, basicamente, em quatro etapas, sendo: extração do gipso; preparação para calcinação; calcinação e seleção.

Em termos de obtenção da matéria prima (gipsita) para produção do gesso, o maior depósito lavrável está contido na Bacia Sedimentar do Araripe que compõe a divisa dos Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí (Cipriano *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2022). Nesta região o minério da gipsita é considerado de alta qualidade do ponto de vista de sua composição química, o que leva esta localidade a ser mais explorada, como afirmam Santos, Ferraz e Silva (2019).

Apesar dos altos níveis de exploração da gipsita e da produção de gesso no polo do Araripe, há uma demanda por métodos de gestão das empresas e suas operações com foco na redução de desperdícios e na sustentabilidade dos negócios (Andrade *et al.*, 2023). Tal fato se dá, principalmente, pela natureza das empresas, sendo a maioria enquadrada como Pequena e Média Empresa (PME) e que, portanto, carece também de consideração quanto à forma de administrar os processos internos.

A partir do trabalho intitulado “Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes” desenvolvido por Pinheiro (2011), a autora identifica alguns desperdícios no processo produtivo e ainda atesta a possibilidade de recuperar o gesso oriundo dessas perdas, mantendo as propriedades físicas e mecânicas do gesso comercial.

Por outro lado, Elias, Oliveira e Tubino, (2011), ao mapearem o processo de fabricação do gesso, perceberam diversas oportunidades de melhoria. No trabalho, foi possível, partindo-se do mapeamento do estado atual, identificar alguns focos de desperdícios, bem como alguns pontos de melhorias no processo, levando ao desenvolvimento de um mapa do fluxo de valor do estado futuro em que se visualizou dentre outras coisas, a possibilidade de diminuição dos estoques de produtos intermediários bem como do produto, havendo uma possível redução do lead time em 66%.

O objetivo do presente trabalho é indicar a relação da Filosofia *Lean Manufacturing* e suas ferramentas com a promoção da sustentabilidade das operações de uma calcinadora de gesso, localizada na região do Araripe, em Pernambuco.

O artigo está dividido em cinco partes. Inicialmente, a contextualização na seção introdutória. Na segunda parte, tem-se o referencial teórico; que aborda os conceitos ligados à temática. Na terceira seção, a metodologia da pesquisa é apresentada; com destaque para as etapas. Na quarta seção, os resultados são apresentados e a discussão é associada. Na última parte, tem-se a conclusão do estudo, destacando as limitações e sugestões de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A gestão estratégica de uma empresa tem um papel fundamental na definição de sua posição e/ou permanência no mercado (Ritzman e Krajewski, 2004). Tal realidade se faz necessária para que a mesma obtenha vantagens competitivas e atenda a demanda de consumidores cada vez mais exigentes, estimulados principalmente pela grande oferta de produtos concorrentes (Santos, 2017; Alefari, Salonitis e Xu, 2017).

Assim sendo, nesse cenário dinâmico, as organizações buscam aperfeiçoar seus sistemas produtivos e operacionais através da introdução de ferramentas de controle, que englobam as diversas etapas da cadeia produtiva; com isso, um dos resultados esperados é a redução e/ou eliminação de desperdícios ao longo do processo (Pinto *et al.*, 2013; Santos e Silva, 2019; Neto *et al.*, 2023).

Para Slack, Chambers e Johnston (2009) o termo desperdício está ligado as atividades que não agregam valor, portanto, é indicado que sejam eliminados para que a produtividade possa ser elevada, trazendo bons resultados à organização e aos destinatários finais. Em relação aos tipos de desperdícios que podem ser encontrados na produção, existem sete tipos, denominados como: desperdício por superprodução, tempo de espera, transporte, processo, estoque, movimentação e produtos defeituosos (Corrêa e Corrêa, 2012).

Nesse sentido, de acordo com Modi e Thakkar (2014) o pensamento enxuto é visto como opção para eliminação dos desperdícios através do enfoque no processo, a partir da busca da melhoria contínua. Maximiano (2005) ressalta que esses desperdícios representam custos desnecessários e são caracterizados por esforços ou iniciativas que não adicionam valor ao produto ou serviço.

As perdas, sob ótica *Lean*, são classificadas em sete grupos, conforme aponta Ohno (2004):

- **Superprodução:** produção em excesso e/ou antecipada, deriva em excesso de inventário;
- **Espera:** períodos extensos de ociosidade de recursos humanos, peças ou informação, originando altos lead times;
- **Transporte:** movimento sem necessidade de insumos ou materiais, ocorrendo, em geral, em plantas com layouts mal planejados;
- **Processamento:** procedimentos utilizados de modo inadequado ou processar além do necessário;
- **Estoque:** alto nível de armazenamento e ausência de informação e/ou produtos, acarretando em custos elevado;
- **Movimentação:** deslocamento do operador sem necessidade;
- **Defeitos:** falhas na qualidade do produto ou geração de itens defeituosos.

Identificar as perdas e as operações que não agregam valor é uma das etapas para tornar os processos produtivos enxutos (Hicks, 2007). Assim, produzir algo sob a ótica da mentalidade enxuta pode se apresentar como uma grande vantagem

no que se refere à busca por maior aquisição de qualidade no sistema de produção; tendo como consequência, por exemplo: a minimização de estoques, além de promover a visualização de falhas, há ganhos de velocidade de produção, através de possíveis reduções no tempo de setup, maior flexibilidade e redução de custos (Doolen e Hacker, 2005; Kurdve *et al.*, 2014; Fernandes *et al.*, 2021).

Deve-se ressaltar que nos tempos atuais, tem-se uma rápida mudança no ambiente de negócios, de tal forma que a competição no mercado de produtos está cada vez maior entre as indústrias (Dauda *et al.*, 2010; Monday *et al.*, 2015). Para competir com sucesso no atual ambiente de negócios competitivo, as empresas precisam continuamente de fazer algumas estratégias e tomar algumas ações, sendo, por exemplo:

- Melhorar a qualidade e a produtividade dos produtos;
- Reduzir os custos dos produtos;
- Promover inovações de produtos e processos; e,
- Melhorar a velocidade do produto para o mercado (disponibilidade).

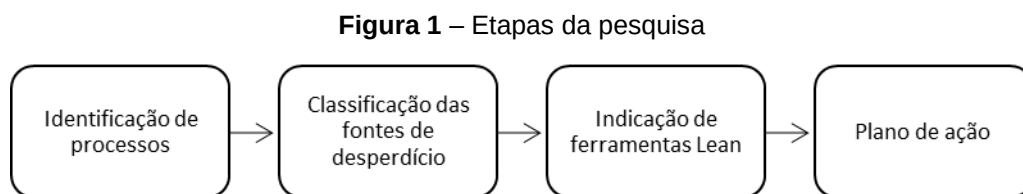
As empresas, portanto, precisam de se esforçar para estar em sintonia com a mudança global, alcançando uma posição de vantagem competitiva e melhorando o desempenho em relação aos seus concorrentes (Muogbo, 2013; Monday *et al.*, 2015). Por isso, o papel da estratégia é crucial, comportando-se como um plano detalhado para um negócio alcançar o sucesso.

Assim, a gestão estratégica compreende o conjunto de decisões e ações que resultam na formulação e implementação de planos concebidos para atingir os objetivos de uma empresa. Pode-se citar ainda que a gestão estratégica é o processo de tomada de decisão, planejamento, coordenação e execução de algumas ações por parte dos gestores de topo de uma empresa, a fim de atingir metas e objetivos definidos (Monday *et al.*, 2015).

As empresas devem tomar as medidas necessárias para implementar as suas estratégias. Isto exige que os gestores aloquem os recursos necessários e projetem a organização para tornar realidade as estratégias pretendidas (Dess *et al.*, 2005). Dado que envolve tomadas de decisões complexas, orientadas para o futuro e a longo prazo e requer recursos consideráveis (Monday *et al.*, 2015).

3 METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, as seguintes etapas foram seguidas, conforme fluxo da **Figura 1**.



Fonte: dados da pesquisa (2024).

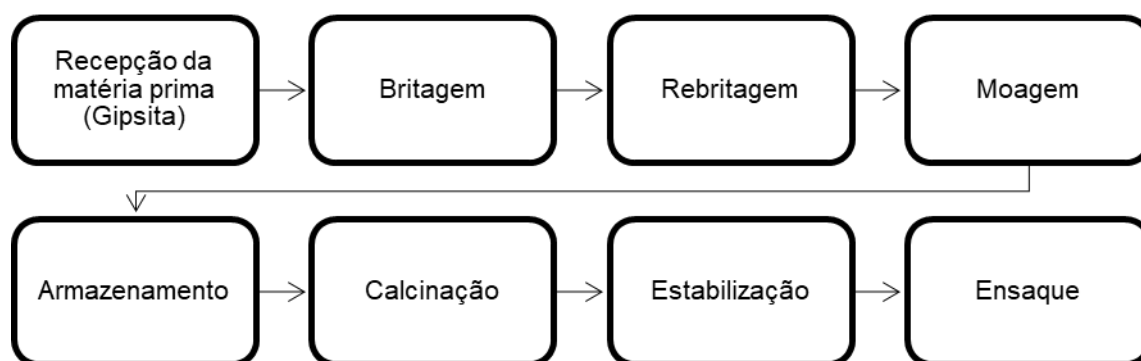
- a) **Identificação do processo:** nessa etapa inicial, todo o processo da calcinadora foi mapeado, considerando as operações e suas respectivas entradas e saídas. Com as informações obtidas, foi possível listar ainda os equipamentos utilizados e a capacidade individual;
- b) **Classificação das fontes de desperdício:** com dados da produção e do mapeamento feito na etapa “a”, as origens dos desperdícios foram notadas e classificadas em três níveis: baixo, moderado e grave. Esses dados serviram de entrada para as indicações da etapa “c”;
- c) **Indicação de ferramentas *Lean*:** a partir da listagem das perdas no processo interno da empresa, foram indicadas as ferramentas inerentes à Filosofia *Lean Manufacturing* para cada tipo de desperdício;
- d) **Plano de ação:** com as etapas anteriores concluídas, o plano de ação 5W1H foi elaborado, com atividades elencadas de modo que haja melhoria contínua no processo interno da calcinadora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calcinadora na qual o estudo foi realizado está situada na cidade de Trindade-PE, localidade que compõe a região do Araripe, no estado de Pernambuco. Segundo a Sindusgesso (2022) a produção de gesso na localidade atingiu cerca de 4,44 milhões toneladas por ano, gerando 3.500 empregos de forma.

As etapas do processo fabril do gesso podem ser visualizadas na **Figura 2**.

Figura 2 – Processo fabril do gesso



Fonte: dados da pesquisa (2024).

4.1 Identificação do processo

A estrutura física de processamento de gesso difere significativamente em escala e nível de tecnologia. Algumas fábricas produzem uma ou duas toneladas por dia usando tecnologias manuais de baixo custo. Por outro lado, outras plantas, processam um número maior de toneladas por dia, pois são altamente mecanizadas e capazes de produzir diferentes tipos e graus de gesso e/ou placas. O processo de manufatura da empresa avaliada é composto pelas seguintes operações:

- **Recepção da matéria prima:** inicialmente, a gipsita (insumo principal do processo fabril do gesso) é recebida diretamente das mineradoras que extraem o minério das jazidas localizadas na região. O material vem selecionado e no formato de blocos maciços e são depositados no pátio da empresa para posterior uso no processo;
- **Britagem:** nessa operação, a gipsita é direcionada para o britador de mandíbulas, equipamento eletromecânico que reduz o tamanho da pedra de minério;
- **Rebritagem e moagem:** no equipamento intitulado rebritador, o material tem seu tamanho reduzido mais uma vez. Logo é transferido via esteira (**Figura 3**) para o moinho de martelos que executa a operação de Moagem.

Figura 3 – Gipsita britada em esteira transportadora



Fonte: dados da pesquisa (2023).

- **Moagem:** essa etapa é fundamental para garantir o atendimento as normas técnicas referentes à granulometria do gipso. A granulometria é especificada pela norma NBR 12127:2017 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- **Armazenamento:** após submissão ao rebritador, a gipsita é armazenada num silo de depósito com o intuito de estabilizar o material. Logo após, é transportada por uma rosca sem fim até os silos dos fornos de calcinação;
- **Calcinação:** nessa fase, a gipsita é submetida ao forno rotativo, alimentado por lenha (Eucalipto). O processo de calcinação compreende a faixa de temperatura de 130°C a 160°C.
- **Estabilização:** após a calcinação, o gesso é encaminhado para os silos de armazenamento para estabilização e homogeneização;
- **Ensaque:** dos silos de estabilização, o gesso é então ensacado em embalagens tipo standard de 40kg. Cada pallet contém no máximo 40 sacos de 40kg cada. Por fim, o material é armazenado no estoque da empresa para posterior transporte ao consumidor final.

É necessário destacar que, a depender do processo de calcinação, pode-se obter duas variedades de hemidrato: o gesso beta e gesso alfa. Salienta-se ainda que, nesse processo, geram-se resíduos que podem ocorrer em várias fases do processo do minério: na extração até a produção do produto final.

4.2 Classificação das fontes de desperdício

Após o mapeamento do processo, com a identificação das operações, pôde-se elaborar o quadro com os tipos de desperdício (baseado na filosofia *Lean*) e sua respectiva descrição. No campo operacional, entende-se o desperdício como resíduos e/ou atividades que não criam nenhum valor para o mercado/cliente.

Eliminar as atividades desnecessárias é um dos pré-requisitos para construir um processo sustentável. Este conceito é parte integrante do pensamento *Lean* e tem como foco o aumento da eficiência operacional, produtividade e lucratividade. Além disso, identificou-se a fonte e o grau. As informações estão descritas no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Tipos de desperdícios e informações adicionais

Tipo de desperdício	Fonte	Grau	Desperdício
Ociosidade do operador e do britador	Britagem	Baixo	Espera
Transporte em excesso de lenha para oforno	Calcinação	Baixo	Tranporte
Ociosidade do operador de ensaque	Ensaque	Baixo	Espera
Alto nível de estoque de sacos de gesso –40kg	Armazenamento	Baixo	Estoque
Operador em deslocamento excessivo	Calcinação	Baixo	Movimentação
Rosca sem fim com defeito	Moagem/Armazenagem	Moderado	Espera
Excesso de gipsita rebitada	Rebritagem	Moderado	Estoque
Gesso em alta quantidade estocada nos silos	Estabilização	Moderado	Estoque/Espera
Elevado número de quilos de gesso tipo limpeza ¹	Processo	Grave	Defeito

Fonte: dados da pesquisa (2024).

¹ Nota: gesso limpeza: oriundo da remoção de gesso que cai no chão da fábrica.

No caso do processo observado, os principais desperdícios estão associados com a armazenagem, rebritagem, estabilização e com os resíduos gerados durante a calcinação. Faz-se observar que o grau associado a cada tipo de desperdício foi dado com base em três fatores:

- Impacto na operação;
- Custo de reparo;
- Nível de correção (elevado ou não).

Na empresa, algumas mudanças são necessárias para minimizar os impactos das perdas na eficiência operacional local. Tais ações são indicadas na subseção 4.4, a partir do plano de ação. Destaca-se a adoção de ferramentas de gestão da produção que possam adequar a demanda com a produção de gesso, observando questões como a capacidade do processo e investimentos em treinamento e capacitação dos funcionários. Nesse caso, destacam-se dois termos usuais:

- **Gerenciamento de produção:** monitorando e gerenciando a fabricação do gesso.
- **Gerenciamento de operações:** engloba os serviços oferecidos ao cliente e o trabalho que precisa ser realizado para finalizar a produção.

Otimizar o processo de fabricação de gesso requer o foco na eliminação dos desperdícios como base estratégica para a empresa. A presença de atividades inúteis pode diminuir a lucratividade, aumentar os custos do cliente, diminuir a qualidade e até mesmo a sustentabilidade do negócio. Isso posto, é fundamental identificar as atividades que não agregam valor e tentar melhorar o processo onde elas aparecem e/ou eliminá-las definitivamente.

Portanto, cada gargalo do processo deve ser tratado com ferramentas adequadas. No caso da calcinadora, as práticas são indicadas sob a ótica *Lean*, descritas na subseção 4.3.

4.3 Indicação de ferramentas *Lean*

Considerando a complexidade das operações de produção inerentes aos processos de manufatura, a gama de oportunidades de mudanças que podem ser feitas e as alternativas que podem ser adotadas, um conjunto de métodos foi

desenvolvido, incorporando-se à Filosofia *Lean*, para resolver problemas de gerenciamento da produção. Para o processo específico de calcinação, as ferramentas *Lean* foram propostas para cada tipo de perda notada (**Quadro 2**).

Quadro 2 – Desperdícios e as ferramentas *Lean* indicadas

Desperdício	Ferramenta <i>Lean</i>	Justificativa
Ociosidade do operador e do britador	<i>Just in Time</i>	Criação de um fluxo de trabalho através da organização das atividades
Transporte em excesso de lenha para forno	5S	Criação da cultura da disciplina, identificação dos problemas, e geração de oportunidades de melhoria
Ociosidade do operador de ensaque	<i>Just in Time</i>	Criação de um fluxo de trabalho através da organização das atividades
Alto nível de estoque de sacos de gesso em pó – 40kg	<i>Heijunka</i> / <i>Kanban</i>	Nivelamento da produção /Indicação do andamento dos fluxos de produção de modo visual
Operador em deslocamento excessivo	5S	Criação da cultura da disciplina, identificação dos problemas e geração de oportunidades de melhoria
Rosca sem fim com defeito	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) ou Manutenção Produtiva Total	Gerenciamento da manutenção dos equipamentos locais
Excesso de gipsita rebitada	<i>Heijunka</i>	Nivelamento da produção
Gesso em alta quantidade estocada nos silos	<i>Takt time</i> / <i>Heijunka</i>	Definição do ritmo de produção adequado para que as demandas sejam atendidas /Nivelamento da produção
Elevado número de quilos de gesso tipo limpeza	<i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) ou Manutenção Produtiva Total	Gerenciamento da manutenção dos equipamentos locais

Fonte: dados da pesquisa (2024).

Para o problema de alta quantidade de gipsita armazenada, duas ferramentas foram propostas: o *Kanban* e o *Heijunka*. Quando se tem muito produto em processo nota-se uma forma de desperdício. Nesse sentido, o *Kanban* orienta o gerenciamento do fluxo ideal de trabalho dentro do processo da calcinadora.

Juntamente com o *Kanban*, o *Heijunka* um conceito central que ajuda a trazer estabilidade ao processo de fabricação do gesso. Assim como no caso do desperdício por conta do estoque de gipsita, para o problema de estoque de produto acabado (gesso em pó) e para combater o excesso de gipsita rebitada, o *Heijunka* pode ser adotado como ferramenta de gerenciamento *Lean*, atrelado ao *Kanban*.

Para a perda por ociosidade do operador e do britador, indica-se a aplicação dos princípios do *Just in Time (JIT)*. A abordagem na qual o *JIT* é pautada envolve a busca contínua de maneiras de tornar os processos mais eficientes com o objetivo geral de produzir bens e/ou serviços sem incorrer em desperdício. Assim, a alocação dos recursos, inclusive humanos, torna-se mais adequada a real necessidade da operação.

Para o problema de transporte em excesso de lenha para forno e o de operador em deslocamento excessivo, aponta-se o 5S como metodologia de melhoria. O 5S é uma das técnicas mais amplamente adotadas na fabricação de natureza enxuta. Além disso, é considerado um conceito enxuto “base”, pois favorece a estabilidade operacional necessária para fazer e sustentar melhorias contínuas (Santos, 2019; Kurvde *et al.*, 2014).

Cada “S” possui uma tradução do japonês, sendo:

- Seiri – Senso de utilização;
- Seiton – Senso de organização;
- Shitsuke – Senso de disciplina;
- Seiso – Senso de limpeza;
- Seiketsu – Senso de padronização.

Logo, com a adoção do 5S, espera-se criar um ambiente organizado. Vale ressaltar que o uso dessa ferramenta pode ser imprescindível para a cultura enxuta. Isso se deve ao fato de que o 5S auxilia no estabelecimento de uma estrutura e de disciplinas necessárias para aplicar com êxito outras iniciativas de melhoria contínua.

Ainda pode-se citar como ferramenta *Lean* indicada para o problema de manutenção identificado, de rosca sem fim com defeito, a *Total Productive Maintenance* (TPM) ou Manutenção Produtiva Total. Estruturalmente, a prática ditada pelo TPM traduz-se como:

T = Total: pois envolve todos os funcionários em todos os níveis da organização;

P = Produtivo (Productive): devido a utilização eficaz de todos os recursos dispostos.

M = Manutenção (Maintenance): deriva da ação de manter o sistema Homem-

Máquina-Material em ótimas condições.

Para o contexto da calcinadora, a aplicação da TPM é fundamental na busca por melhores resultados e eficiência dos equipamentos. Esse tipo de manutenção fornece uma abordagem estruturada, pautada no trabalho em equipe, para promover a eliminação de perdas especificamente identificadas no processo de calcinação.

Além disso, a perda identificada devido à alta quantidade de gesso estocada nos silos indica a necessidade de observar os princípios do *Takt Time*. De acordo com Elias (2024), tecnicamente, o *Takt Time* pode ser conceituado como o ritmo de produção necessário para alinhar a produção com a demanda do cliente, em outras palavras, é a rapidez com que se precisa fabricar o produto para atender aos pedidos dos clientes.

4.4 Plano de ação – 5W1H

A fim de complementar as orientações citadas na subseção 4.3, o plano de ação 5W1H foi elaborado. Em suma, o plano de ação compreende um documento detalhando as etapas necessárias para que a empresa alcance os objetivos. Em outras palavras, esse plano de ação (**Quadro 3**) descreve a estratégia necessária para reduzir os desperdícios notados na calcinadora.

Quadro 3 – Plano de ação – 5W1H

O que? (What?)	Porque? (Why?)	Onde? (Where?)	Quando? (When?)	Quem? (Who?)	Como? (How?)
Mapeamento do processo	Definir <i>lead time</i> e apontar gargalos	Processo	Em até 45 dias	Supervisão da produção	Aplicação da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor - MFV
Cálculo do <i>Takt Time</i> (TT)	Definir velocidade de produção	Processo	Em até 60 dias	Supervisão da produção	TT = Tempo operacional líquido / Necessidade do cliente
Adoção da prática 5S	Favorecer a cultura de melhoria contínua	Toda a empresa	Em até 60 dias	Gerência	Treinamento e desenvolvimento dos 5S's
Implantar a TPM	Evitar manutenção corretiva e melhorar a eficiência dos equipamentos	Processo	Em até 50 dias	Setor de manutenção	Treinamento e capacitação de equipe de manutenção

Cálculo do índice de eficiência global do equipamento (<i>Overall Equipment Effectiveness</i> - OEE)	Diagnosticar e aumentar a eficiência do maquinário	Processo	Em até 60 dias	Supervisão da produção	Seguir metodologia proposta por Santos (2020)
Construir Heijunka Box	Aplicar o nivelamento da produção	Processo	Em até 80 dias	Supervisão da produção	Consultoria externa ou aquisição do quadro
Adotar prática Kanban	Auxiliar no ritmo de produção de gesso	Processo	Em até 90 dias	Supervisão da produção	Gestão à vista
Estratificar níveis de gesso limpeza	Detectar evolução do desperdício de produto acabado	Processo	Em até 40 dias	Supervisão da produção	Registro da massa de gesso limpeza por turno/linha de produção
Treinar operadores	Reciclar os treinamentos operacionais	Processo	Em até 40 dias	Supervisão da produção e RH	Revisar padrões operacionais e promoção de minicursos locais
Prever demanda por semestre	Auxiliar no nivelamento da produção	Gerência	A cada 30 dias	Gerência	Adoção de métodos de previsão de demanda / <i>softwares</i>
Criar indicadores de desempenho	Acompanhar metas	Gerência	Em até 45 dias	Supervisão da produção e Gerência	Elaborar planilha com indicadores chave de desempenho – (Key Performance Indicator - KPIs)
Fixar quadros de gestão à vista	Auxiliar na visualização e difusão dos resultados dos KPIs	Produção/ Gerência	Em até 45 dias	Supervisão da produção e Gerência	Confecção ou aquisição de quadros personalizados completos

Fonte: dados da pesquisa (2024).

A aplicação do plano de ação elaborado dependerá do esforço conjunto de diversos setores da empresa, desde o gerente aos operadores dos equipamentos da planta. Ressalta-se que as ações definidas atendem ao propósito da pesquisa, de relacionar as ferramentas *Lean* para cada tipo de desperdício identificado na calcinadora.

Ademais, a filosofia *Lean* requer que a empresa siga alguns princípios intrínsecos às ferramentas (Ohno, 2004). São eles:

- Identificação do valor como percebido pelo cliente;
- Identificação do fluxo de valor através dos negócios;
- Fazer o valor fluir;
- Puxar do fluxo de valor;
- Buscar a perfeição.

Logo, as atividades inerentes ao processo fabril do gesso que realmente criam valor para os clientes são representadas por uma parte do processo. E por isso a empresa local deve se concentrar em reduzir o máximo possível as atividades desnecessárias. Ao fazer isso, a organização pode identificar oportunidades significativas para melhorar o seu desempenho geral.

Nota-se, por isso, que o propósito desses princípios enxutos é formar um sistema melhor possível, usando as atuais restrições financeiras e de recursos para fornecer o máximo valor ao cliente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O polo gesseiro do Araripe, localizado no extremo oeste de Pernambuco, apresenta-se como local onde a gipsita possui pureza de alta qualidade, já discutida na abordagem teórica deste trabalho. Tal fato acarreta numa alta escalada volume de exploração deste material para produção do gesso nas calcinadoras da região. Contudo, do ponto de vista do processo industrial do gesso, este ainda apresenta desperdício e fatores limitantes que influenciam diretamente na capacidade da unidade fabril de produção de gesso em pó para comercialização.

Apesar da potencialidade de exploração e produção do minério, a empresa carece de melhorias em gestão operacional. Para isso, existem muitas ferramentas de manufatura enxuta diferentes que podem ser implementadas nos processos das calcinadoras. Com essas ferramentas, a eficiência, por exemplo pode ser melhorada. Isto é, pode-se atingir o desempenho máximo, usando a menor quantidade de entradas para alcançar uma maior saída. Para minimizar os insumos, todos os desperdícios devem ser notados e eliminados.

Juntas, as ferramentas formam um conjunto abrangente que pode ser implementado paulatinamente. Essas técnicas indicadas no presente estudo são mais eficazes se forem empregadas juntas, como é o caso do *Kanban* e do *Heijunka*. Mas, muitas outras podem ser usadas pontualmente para resolver problemas específicos em termos de desperdícios, como o 5S.

A implementação da manufatura enxuta, além de contribuir para a sustentabilidade do processo, é uma maneira eficiente de reduzir o custo da empresa sem incorrer em altos investimentos de capital. Além disso, com a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*, pode-se aumentar a vantagem competitiva e reduzir os custos operacionais da empresa calcinadora.

Como principal limitação do estudo, cita-se a avaliação do processo de calcinação, não abordando em conjunto as operações iniciais como a mineração e seu destino direto para a comercialização. Por outro lado, como sugestão de trabalhos futuros, indica-se comparar o estado atual da operação na planta avaliada com o estado pós implementação das ações e ferramentas *Lean*.

REFERÊNCIAS

ALEFARI, M.; SALONITIS, K.; XU, Y. The role of leadership in implementing lean manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 756-761, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.169>. Acesso em: 10 set. 2025.

ANDRADE, A. C.; DE SOUSA, J. G. G.; FERRAZ, A. de V.; RODRIGUES, S. D. de S.; FERREIRA, R. C. da S.; FONSECA, K. L. da S.; HERNANDEZ, L. I. N.; OLIVIER, N. C. Avaliação de pastas de gesso com aditivo incorporador de ar. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 11804–11815, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n3-186>. Acesso em: 20 ago. 2025.

ARAÚJO, M. A.; LIMA, T.; SOBRAL, M. Identificando as inovações por meio da adoção dos sistemas ERP pelas usinas sucroalcooleiras em Pernambuco. **Exacta**, v. 16, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v16n2.7131>. Acesso em: 20 set. 2025.

BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso obtido do polo do Araripe. **Cerâmica**, v. 60, n. 356, p. 501-508, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132014000400007>. Acesso em: 30 mai. 2025.

BEGAM, M. S.; SWAMYNATHAN, R.; SEKKIZHAR, J. A brief overview of current trend on lean management practices in manufacturing industries. **Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara**, v. 12, n. 2, p. 35, 2014. Disponível em: <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2014/ANNALS-2014-2-04.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

CIPRIANO, P. B.; GALDINO, T. S. G.; SÁ, C. S.; FERRAZ, A. de V. Avaliação dos parâmetros de calcinação do resíduo de gesso nas propriedades do gesso reciclado. **Matéria (Rio De Janeiro)**, v. 26, n. 3, e13026, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620210003>. Acesso em: 20 set. 2025.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3ª. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

DESS, G. G.; LUMPKIN, G. T.; MARILYN, L. T. *Strategic Management* (2nd ed.). New York: McGrawHill Irwin. 2005.

DAUDA, Y. A.; AKINGBADE, W. A.; AKINLABI, H. B. Strategic Management Practice and Corporate Performance of Selected Small Business Enterprises in Lagos Metropolis. **International Journal of Business and Management**, v. 5, n. 11, p. 97 – 105, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijbm.v5n11p97>. Acesso em: 20 abr. 2025.

DOOLEN, T. L.; HACKER, M. E. A review of lean assessment in organizations: An exploratory study of lean practices by electronics manufacturers. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 24, n. 1, p. 55-67, 2005. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(05\)80007-X](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(05)80007-X). Acesso em: 20 set. 2025.

ELIAS, S. J. B.; OLIVEIRA, M. M. de; TUBINO, D. F. Mapeamento do Fluxo de Valor: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Gesso. **Revista ADMpg**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2011. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/admpg/article/view/13956>. Acesso em: 1 dez. 2023.

FERNANDES, C.; SILVA, A.; FERRAZ, A.; SANTOS, P. Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso do interior de Pernambuco, Brasil. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 11, p. 01-19, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22279/navus.2021.v11.p01-19.1622>. Acesso em: 20 set. 2025.

GARZA-REYES, J. A.; ELDRIDGE, S.; BARBER, K. D.; SORIANO-MEIER, H. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: A relationship analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 1, p. 48-62, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/02656711011009308>. Acesso em: 20 jan. 2025.

HICKS, B.J. Lean information management: Understanding and eliminating waste. **International Journal of Information Management**, v. 27, n. 4, p. 233-249, 2007. ISSN 0268-4012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>. Acesso em: 21 ago. 2025.

KIM, J.-Y.; JEONG, S. J.; CHO, Y. J.; KIM, K. S. Eco-friendly manufacturing strategies for simultaneous consideration between productivity and environmental performances: a case study on a printed circuit board manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, v. 67, p. 249-257, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.043>. Acesso em: 21 set. 2025.

KURDVE, M.; ZACKRISSON, M.; WIKTORSSON, M.; HARLIN, U. Lean and green integration into production system models – experiences from Swedish industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 180-190, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.013>. Acesso em: 20 set. 2025.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

MONDAY, J. U.; AKINOLA, G. O.; OLOGBENLA, P.; ALADERAJI, O. K. Strategic Management and Firm Performance: A Study of Selected Manufacturing Companies in Nigeria. **European Journal of Business and Management**, v. 7, n. 2, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/234626209.pdf>. Acesso em: 21 set. 2025.

MUOGBO, U. S. The Impact of Strategic Management on Organisational Growth and Development: A Study of Selected Manufacturing Firms in Anambra State. **IOSR Journal of Business and Management**, v. 7, n. 1, p. 24-32, 2013. Disponível em: <https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol7-issue1/D0712432.pdf>. Acesso em: 20 set. 2025.

NETO, L. D. S.; SILVA, A. C. G. C.; SILVA, J. C.; SANTOS, P. V. S. Manutenção planejada: proposta de ações em uma empresa de beneficiamento de couro. **Revista Gestão e Organizações**, v. 8, p. 159-185, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/rgo/article/view/7387>. Acesso em: 21 set. 2025.

OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 2004.

OLIVEIRA, G. K. de; SANTOS FILHO, V. H. dos; SANTOS, P. V. S. Implantação da metodologia Lean Six Sigma em uma empresa de celulose e papel: um estudo de caso no Paraná. **Revista Produção Online**, v. 24, n. 1, p. 5199, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v24i1.5199>. Acesso em: 20 set. 2025.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2011. 352 p. Tese (Doutorado) - Departamento

de Arquitetura e Construção, UNICAMP, 2011. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/839715>. Acesso em: 21 set. 2025.

PINTO, R. A. Q.; TORTATO, U.; VEIGA, C. P.; CATAPAN, A. Gestão de estoque e lean manufacturing: estudo de caso em uma empresa metalúrgica. **Revista Administração em Diálogo – RAD**, v. 15, n. 1, p. 111-138, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.20946/rad.v15i1.12095>. Acesso em: 21 set. 2025.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

RODRIGUES et al. **Panorama Atual do Arranjo Produtivo Local (APL) Gesseiro da Região do Araripe-PE**. Instituto Nacional de Tecnologia – INT, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI. Rio de Janeiro, 2023.

SABADKA, D.; MOLNAR, V.; FEDORKO, G. The use of lean manufacturing techniques – SMED analysis to optimization of the production process. **Advances in Science and Technology Research Journal**, v. 11, n. 3, p. 187-195, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.12913/22998624/76067>. Acesso em: 20 set. 2025.

SANTOS, P. V. S. A introdução de tecnologias a favor da eficiência em operações logísticas: um estudo de caso no setor de serviços. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 55-68, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22279/navus.2019.v9n3.p55-68.819>. Acesso em: 20 set. 2025.

SANTOS, P. V. S. Previsão da demanda como suporte à filosofia lean. **Exacta**, v. 18, n. 1, p. 226-243, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/exactaep.v18n1.8935>. Acesso em: 21 set. 2025.

SANTOS, P. V. S. Aplicação do overall equipment effectiveness no sistema produtivo de uma vinícola. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, p. 01-14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.22279/navus.2020.v10.p01-14.933>. Acesso em: 20 set. 2025.

SANTOS, P. V. S.; SILVA, E. C. Gestão estratégica da qualidade aplicada à redução de devoluções. **Navus - Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 9, n. 4, p. 30-48, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.22279/navus.2019.v9n4.p30-48.884>. Acesso em: 20 set. 2025.

SANTOS, P. V. S.; FERRAZ, A. de V.; CASTRO SILVA, A. C. G. Utilização da ferramenta mapeamento de fluxo de valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 19, n. 4, p. 1197-1230, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3310>. Acesso em: 20 set. 2025.

SILVA, T. K. S.; FERRAZ, A. V.; ANJOS, D. S. C. Estudo da impermeabilização do gesso de revestimento através da síntese do compósito hidrofóbico de

gesso/silicone. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 27, n. 4, e20220173, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2022-0173>. Acesso em: 21 set. 2025.

SOUZA JUNIOR, W. W. R.; SANTOS, P. V. S.; SILVA, A. C. G. C.; AMARAL, T. M. Abordagem matemática aplicada à problemática de escolha de fornecedor de Allium cepa. **NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 12, p. 01-19, 2022. Disponível em: <https://navus.sc.senac.br/navus/article/view/1776>. Acesso em: 21 set. 2025.

ZHAN, Y. et al. Green and lean sustainable development path in China: Guanxi, practices and performance. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 128, p. 240-249, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.02.006>. Acesso em: 20 set. 2025.

Biografia do(s) autor(es):

Larissa Silva Dantas

Graduanda em Engenharia de Produção na Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, campus Juazeiro-BA. Especialista em Gestão da produção.

Pedro Vieira Souza Santos

Mestre em Engenharia de Produção (UFPE). Especialista em Gestão da produção e produção enxuta.

Ciro Henrique de Araújo Fernandes

Mestre em Engenharia de Produção (UFPE). Especialista em Gestão da produção e produção enxuta.

Vivianni Marques Leite dos Santos

Doutora em Química. Professora Titular na UNIVASF. Experiência nas áreas de gestão ambiental, gestão da inovação, agroenergia, reciclagem, impactos ambientais e modelagem molecular.



Artigo recebido em: 28/02/2024 e aceito para publicação em: 03/07/2025

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v25i3.5322>