

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ALLYCIA ZAGOTO FIORESI**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE GARGALOS PRODUTIVOS EM INDÚSTRIA DE  
PORCELANATO**

**VITÓRIA, ES  
2023**

**ALLYCIA ZAGOTO FIORESI**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE GARGALOS PRODUTIVOS EM INDÚSTRIA DE  
PORCELANATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Raizer Moura

**VITÓRIA, ES**

**2023**

**ALLYCIA ZAGOTO FIORESI**

**IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE GARGALOS PRODUTIVOS EM INDÚSTRIA DE  
PORCELANATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia de Produção do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luciano Raizer Moura  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Prof. Dr. João Bosco Gonçalves  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof. Dr. Geraldo Rossini Sisquini  
Universidade Federal do Espírito Santo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por me sustentar durante essa jornada e proporcionar a oportunidade de concluir mais uma etapa.

Agradeço, também, a minha família que desde o início me apoiou e me incentivou. Em especial, sou grata a minha mãe, o meu pai e a minha irmã, que nunca mediram esforços para me ajudar, que me inspiraram a ser forte e determinada e por estarem sempre ao meu lado, me incentivando, me apoiando e confiando em mim.

Deixo minha gratidão também ao professor Dr. Luciano Raizer Moura que me orientou no desenvolvimento deste trabalho com muita sabedoria, experiência e dedicação.

Por fim, a todos aqueles que de certa forma contribuíram para realização desse trabalho.

Muito obrigada!

“Há uma forma de fazer isso melhor – encontre-a”

Thomas Edison

## RESUMO

O tempo de resposta das indústrias quanto as variações de demanda é um diferencial frente aos concorrentes. Para que seja possível uma resposta rápida é importante ter o máximo de conhecimento dos processos internos. Estudar o gargalo de produção, ou seja, o ponto que limita a produção, garante que, quando houver previsão de aumento de demanda, esteja claro em qual ponto deve-se focar esforços. O objetivo desse presente trabalho foi identificar os gargalos de produção e a eficiência dos equipamentos de produção de um processo produtivo de uma indústria de porcelanato, realizando análise do uso da capacidade produtiva e dos fatores que afetam ou não seu uso, para auxiliar em tomadas de decisões frente as mudanças de mercado. As informações e dados necessários para execução da pesquisa foi obtido em estudos nas áreas produtivas e em encontro com os especialistas das áreas analisadas. E, utilizando os conceitos de capacidade produtiva, Teoria das Restrições e Eficiência Global dos Equipamentos foi possível identificar o gargalo e evidenciar pontos que devem ser focados para aumento de produção, sendo observado a oportunidade de aumento de produção em 92.000 m<sup>2</sup> ao mês, o que equivale a 1,4 milhões de reais ao mês.

Palavras-chave: Gargalos produtivos; Capacidade Produtiva; Eficiência Global dos Equipamentos; Industria de Porcelanato;

## LISTA DE IMAGEM

Imagem 1: Principais etapas do processo produtivo do revestimento de porcelanato .....	25
Imagem 2: Limitação do processo que será estudado neste trabalho .....	28
Imagem 3: Exemplo de prensa.....	30
Imagem 4: Exemplo de secador.....	33
Imagem 5: Exemplo de impressora digital.....	36
Imagem 6: Exemplo de forno.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Os oito desperdícios do Lean. ....	18
Tabela 2: Resumo para análise do gargalo.....	41
Tabela 3: Variáveis da prensa .....	43
Tabela 4: Cálculos da prensa .....	43
Tabela 5: Variáveis de entrada no secador.....	44
Tabela 6: Variáveis do processo do secador .....	44
Tabela 7: Cálculos do secador .....	45
Tabela 8: Variáveis da impressora digital .....	46
Tabela 9: Cálculos da impressora digital .....	46
Tabela 10: Variáveis do forno .....	47
Tabela 11: Cálculos do forno .....	47
Tabela 12: Resultado estudo de gargalo .....	48
Tabela 13: Resultado disponibilidade.....	51
Tabela 14: Resultado performance.....	51
Tabela 15: Resultado qualidade.....	51
Tabela 16: Resultado OEE.....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resumo gargalo .....	48
Gráfico 2: Comparação fatores OEE .....	52
Gráfico 3: Resultado OEE .....	53

## LISTA DE FLUXOGRAMA

Fluxograma 1: Etapas da TOC .....	22
-----------------------------------	----

## **LISTA DE SIGLAS**

Anfacer - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos,  
Louças Sanitárias e Congêneres

CPf - Capacidade produtiva do forno

CPi - Capacidade produtiva da impressora digital

CPp - Capacidade produtiva da prensa

CPs - Capacidade produtiva do secador

ISO - Organização Internacional de Normalização

OEE - Eficiência Global do Equipamento

PA - Produto acabado

PP - Produto em processo

NBR - Norma Brasileira

TOC - Teoria das Restrições

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	13
1.1	JUSTIFICATIVA .....	14
1.2	OBJETIVO .....	15
1.2.1	Objetivo Geral .....	15
1.2.2	Objetivos específicos .....	15
1.3	ORGANIZAÇÃO .....	15
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	17
2.1	CAPACIDADE INSTALADA E CAPACIDADE PRODUTIVA .....	17
2.2	GARGALO DE PRODUÇÃO .....	18
2.3	EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE) .....	19
2.4	TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC) .....	20
2.4.1	Conceito do TOC .....	20
2.4.2	Etapas do TOC .....	21
2.4.3	Método tambor - pulmão – corda .....	22
2.5	PROCESSO PRODUTIVO DE PISO DE PORCELANATO .....	23
3.	METODOLOGIA .....	25
4.	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	26
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SETOR .....	27
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	27
5.	DESENVOLVIMENTO .....	27
5.1	DEFINIÇÃO DO ESTUDO .....	27
5.2	LEVANTAMENTO DE DADOS E FÓRMULA DE CÁLCULO .....	28
5.2.1	Prensa .....	29
5.2.2	Secador .....	33
5.2.3	Impressora Digital .....	36
5.2.4	Forno .....	38
5.3	Análise do gargalo .....	40

6.	RESULTADOS.....	42
6.1	RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE DADOS E DOS CÁLCULOS ....	42
6.1.1	Resultado da Prensa .....	42
6.1.2	Resultado do Secador.....	44
6.1.3	Resultado da impressora digital .....	45
6.1.4	Resultado do forno.....	46
6.2	Resultado da análise de gargalo .....	48
6.3	Propostas após estudo de gargalo .....	49
6.3.1	Resultado análise OEE .....	50
7.	CONCLUSÃO .....	54
8.	REFERÊNCIAS.....	57

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores de competitividade das indústrias de cerâmica é a eficiência do processo, não só do processo produtivo, mas também de todos os processos da empresa. Uma indústria que não possui seus processos eficientes trabalha com custos muito elevados dificultando a competição no mercado.

Há diversos pontos para serem analisados e considerados nesse âmbito. E um, em destaque, será abordado neste trabalho, que corresponde em identificar gargalos de produção, ou seja, etapas que limitam a produção em uma indústria de porcelanato. Com isso, é possível identificar oportunidades para tomadas de decisão visando um possível aumento de produção.

Identificar e analisar um gargalo produtivo é importante para ter clareza em qual ponto focar os esforços, para aumentar a eficiência do processo e preparar a empresa para ter respostas rápidas às demandas do mercado.

O objetivo deste trabalho é identificar possíveis gargalos de uma indústria de porcelanato, pela análise do uso capacidade produtiva dos equipamentos, o que permite identificar se o limitante de produção é um determinado equipamento do processo, e assim poder tratar os gargalos ou definir se é uma oportunidade para melhorar a eficiência global do equipamento.

A metodologia consiste em coletar variáveis do processo produtivo e do produto para em seguida calcular a capacidade produtiva de cada equipamento. Tendo os valores resumidos em uma tabela, foi analisado cada linha de produção identificando os gargalos e tratando-os ou, caso a limitação não seja um equipamento, foi analisada a eficiência global do equipamento crítico para identificar oportunidade relacionadas à eficiência da máquina, sua velocidade e qualidade.

A empresa analisada consiste em uma indústria de piso de porcelanato do Sudeste do Brasil, cujo0073 porcelanatos são de diversos tamanhos e *design*, sendo todos os tamanhos da empresa abordados no estudo.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O mercado começou apresentar no final do século XX uma grande velocidade de transformação, as pressões competitivas se intensificaram e então se passou a viver num ambiente onde a mudança é uma constante (FERRARESI, 2010).

O crescimento das organizações e sua sobrevivência nesse cenário baseia-se na capacidade da empresa em se diferenciar dos concorrentes, de inovar e ter a percepção das mudanças de mercado (FERRARESI, 2010).

O tempo de resposta das empresas, quanto ao rápido avanço tecnológico e o aumento da concorrência, diminuiu. As empresas precisam estar mais atentas ao mercado e conhecer ao máximo seus processos para identificar oportunidades e se adaptar. Estar atento às mudanças e conhecer os processos internos são fatores chave para que seja possível tomar decisões rápidas e assertivas.

Diante disso, é essencial conhecer bem processo de produção, a capacidade produtiva, as limitações operacionais, os gargalos produtivos e as possíveis possibilidades de crescimento, investimentos, invenção ou reinvenção da fábrica, para que sejam alcançados os resultados esperados.

Estudar o gargalo produtivo permite identificar as etapas da operação que limitam a produção. As etapas do processo que apresentam restrições é que precisam de uma atenção especial, pois dela é assim que se tem oportunidade de dar uma resposta rápida às mudanças do mercado.

A importância de identificar e analisar o gargalo vem da necessidade de manter a planta operando na sua capacidade máxima de produção e reduzir as perdas.

É significativo, para a indústria cerâmica, identificar e analisar o gargalo, uma vez que é diante do resultado que se trabalha para reduzir ao máximo as perdas para possibilitar que a linha de produção trabalhe na sua capacidade máxima e com uma melhor eficiência. Além disso, é útil para verificar se há necessidade de realizar investimento para aumento de produção dependendo da estratégia da empresa e demanda de mercado.

## **1.2 OBJETIVO**

### **1.2.1 *Objetivo Geral***

O objetivo geral deste trabalho é identificar possíveis gargalos de produção em uma indústria de porcelanato, e definir tratamentos necessários, fazendo uma análise de uso da capacidade produtiva e dos fatores que afetam ou não o seu uso, em todas as linhas de produção e para todos os formatos.

### **1.2.2 *Objetivos específicos***

- Aplicar métodos para cálculo da capacidade produtiva dos equipamentos da linha de produção;
- Fazer a análise dos fatores operacionais que afetam o uso da capacidade produtiva;
- Mapear a capacidade produtiva pela quantificação dos resultados;
- Identificar possíveis gargalos produtivos;
- Propor medidas para tratamento dos gargalos de produção e definir ações que visam o uso mais eficiente da capacidade produtiva.

## **1.3 ORGANIZAÇÃO**

A seguir será apresentado como o trabalho foi organizado e uma visão geral da estrutura do seu conteúdo.

A seção 2 trata do referencial teórico que tem como objetivo apresentar uma revisão teórica dos temas que serão abordados durante o estudo. Para esse estudo, o referencial teórico trata sobre Capacidade Instalada e Capacidade Produtiva (2.1), Gargalo de Produção (2.2), Eficiência Global do Equipamento (OEE) (2.3), Teoria das

Restrições (2.4) e um breve resumo do Processo Produtivo de Piso de Porcelanato (2.5).

A seção 3 aborda a metodologia utilizada para realizar o estudo de gargalo, que foi a pesquisa-ação.

Já a seção 4 refere-se à caracterização da empresa e do setor cerâmico apresentando o crescimento da indústria de cerâmica e de porcelanato no Brasil e aprofundando nas características da empresa.

A seção 5 expõe o desenvolvimento do trabalho. Inicialmente é definido escopo do estudo (5.1). Após a delimitação do estudo são apresentadas as variáveis necessárias para os cálculos e a fórmula dos cálculos (5.2), por equipamento, o que corresponde a Prensa, Secador, Impressora Digital e Forno (5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 e 5.2.4 respectivamente). Para finalizar a seção é mostrada a metodologia de análise dos gargalos (5.3).

Por fim, são apresentados os resultados, na seção 6. Dados referem-se à operação real da empresa. Em sequência é exposto o Resultado do Estudo de Gargalo (6.2) e uma outra Proposta após o Estudo de Gargalo (6.3) que aborda o tema da análise da Eficiência Global dos Equipamentos (6.3.1).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CAPACIDADE INSTALADA E CAPACIDADE PRODUTIVA

A produção máxima que uma empresa consegue atingir com a utilização plena de seus equipamentos e instalações é denominada de capacidade instalada. Há diversos fatores que podem impactar na eficiência da produção, tornando muito difícil uma empresa trabalhar e manter-se na sua capacidade instalada. (CHIAVENATO, 2022).

Diante disso, a produção possível, considerando a capacidade instalada, recursos materiais (matérias-primas), pessoal e competência, fatores financeiros e eficiência, é o que denomina a capacidade produtiva (CHIAVENATO, 2022).

Conhecer a capacidade produtiva do sistema é de grande importância para a empresa, pois facilita ter respostas rápidas às demandas impostas pelo mercado, melhora a gestão dos recursos e suas capacidades e aperfeiçoa a programação da produção (PACHECO, 2012).

Segundo Paranhos Filho (2007) "a capacidade do sistema será atribuída pela máquina que apresenta a menor competência, esta máquina será o gargalo de todo o sistema, determinando o ritmo pelo qual toda fábrica irá trabalhar no sistema de produção intermitente".

Manter o processo funcionando na sua capacidade é um desafio, pois pode haver o impacto de vários fatores, perdas e desperdícios. Como exemplo, pode-se citar os oito desperdícios do *Lean Manufacturing*: movimento, espera, transporte, correção, excesso de processamento, excesso de produção, estoque e conhecimento sem ligação (DENNIS, 2011).

Os desperdícios estão especificados na Tabela 1, abaixo.

Movimento	Relacionado a ergonomia do local de trabalho (caminhar, alcançar ou torção desnecessários) e movimentações desnecessárias de peças e materiais.
Espera	Relativo à espera que ocorre quando um colaborador precisa esperar um material, uma parada de linha, um processamento de produto, dentre outros.
Transporte	Referente a transporte em grande escala pelo layout ineficiente de trabalho, a produções em lote.
Correção	Relacionado a produzir e ter que consertar produtos com defeito, consiste no material e energia envolvida.
Excesso de processamento	Correspondente a produzir mais do que o cliente requer
Excesso de produção	Significa produzir coisas que não serão vendidas e quando praticado contribui para a ocorrência das outras sete perdas
Estoque	Relacionado à manutenções desnecessária de matéria-prima e peças e possuir estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado controlado
Conhecimento sem ligação	Existe quando há falta de comunicação dentro da organização

Tabela 1: Os oito desperdícios do Lean.

Em relação a perdas dos equipamentos, Nakajima definiu seis principais perdas do equipamento: falha/avaria; mudança, ajustes e afinações; esperas e trabalho em vazio; redução de velocidade em relação ao planejado; defeito na qualidade do produto; e perdas de mudança de produto (DA SILVA, 2013).

## 2.2 GARGALO DE PRODUÇÃO

"Gargalo é qualquer obstáculo no sistema produtivo que restringe e determina o seu desempenho e a sua capacidade de obter uma maior rentabilidade" (PESSOA E CABRAL, 2005). Ou seja, a etapa do processo com a menor capacidade produtiva identifica o gargalo, pois a produção está limitada àquela etapa que impede a empresa de atender à demanda. Por conta da limitação, o gargalo é quem dita o ritmo de produção (FERREIRA, 2016).

Entender o fluxo de processo é o primeiro passo para identificar o gargalo. Após essa etapa é necessário levantar a capacidade produtiva de cada etapa utilizando uma unidade padrão de medida (produção/tempo) e também é necessário analisar a demanda de produção do produto (DE OLIVEIRA, 2015).

Trabalhar estrategicamente no gargalo permite aumentar sua capacidade produtiva, ampliando conseqüentemente a utilização de recursos de outros setores, fazendo com que se tenha uma maior capacidade produtiva em todo o sistema (CUIPKA, JACCOUD e FONTES, 2011).

## 2.3 EFICIÊNCIA GLOBAL DO EQUIPAMENTO (OEE)

Existe um tempo total disponível para a operação de uma fábrica. Porém, como foi abordado anteriormente, nem sempre esse tempo é utilizado em sua totalidade. Analisar a Eficiência Global do Equipamento (OEE), uma metodologia proposta por Seiichi Nakajima, permite entender e supervisionar o desempenho dos equipamentos.

Segundo Lopes,

O índice de Eficiência Global do Equipamento (OEE) é um mensurador tridimensional, que estima três concepções: disponibilidade, performance e qualidade. Foi concebido dentro dos conceitos da metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), que significa Manutenção Produtiva Total. Esses índices visam apresentar as perdas e custos que podem estar veladas no processo produtivo.

O OEE demonstra o quão bem está sendo aproveitado o equipamento, o trabalho e a capacidade de produzir com qualidade. Dessa forma ele é dividido em três partes: disponibilidade, performance e qualidade (BUENO, 2020).

$$OEE = D \times P \times Q$$

na qual,

D Disponibilidade

P Performance

Q Qualidade

A disponibilidade avalia quanto tempo a máquina está disponível, permitindo enxergar o tempo gasto em paradas não planejadas, baixas na produção, formas de aproveitar melhor o tempo das máquinas e falta de manutenção (MARINELLI, 2021). A disponibilidade é dada por:

$$D = \text{tempo em produção} / \text{tempo programado}$$

A performance do equipamento, relaciona com o bom rendimento do equipamento. Permite identificar problemas de perda de velocidade (MARINELLI, 2021). A performance é calculada por:

$$P = \text{quantidade de produtos produzidos} / \text{quantidade de produtos esperado}$$

A qualidade indica o grau de defeitos na produção, que possibilita identificar falhas na qualidade e evitar aumento de custo com produtos não conforme, custo com retrabalho e insatisfação do cliente (MARINELLI, 2021). A Qualidade é dada por:

$$Q = \frac{\text{quantidade de produtos com qualidade especificada}}{\text{quantidade de produtos produzidos}}$$

Um resultado de 100% corresponde a uma produção de produtos conformes, sem tempo de inatividade e na máxima velocidade. Um OEE de 85% a 92% é considerado alto nível. Um resultado de 40% é uma pontuação baixa, mas que pode ser aprimorada por meio de medidas diretas. O desafio é não ter picos no indicador (BUENO, 2020).

## **2.4 TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC)**

### **2.4.1 Conceito do TOC**

A Teoria das Restrições foi desenvolvida nos anos 80 na implementação de um sistema de planejamento de fábrica para a produção de gaiolas para aves. "A TOC afirma que toda entidade possui uma restrição que limita o seu desempenho produtivo e a empresa é vista como uma corrente, formada por elos interdependentes, sendo que um desses acabará sendo o mais fraco, limitando o processo produtivo" (LOPES, GALDINO, DE SOUZA, MARQUES & TRIGUEIRO, 2017).

A Teoria das Restrições para gerenciar gargalos ou restrições nos sistemas produtivos foi desenvolvida por Eliyahu M. Goldratt. "É uma mudança de paradigma, um processo de melhoria contínua, que permite um conjunto de ações onde existe algum gargalo que impede o desempenho da empresa" (COX III & SPENCER, 2008).

Para Buzzi, Ribeiro e Carlesso (2013),

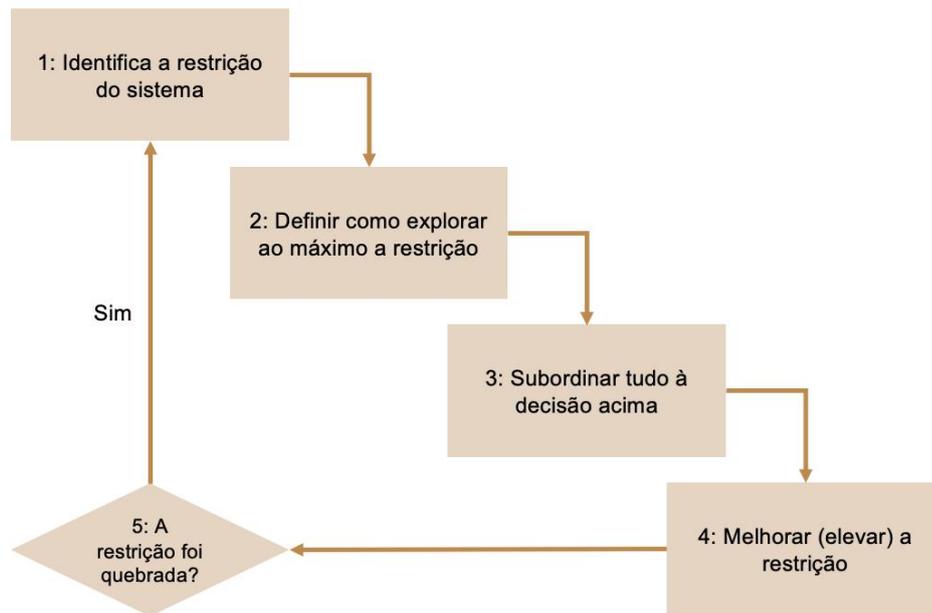
A Teoria das Restrições pode ser aplicada para que todo o fluxo trabalhe em sincronia e não sejam criados estoques intermediários, bem como para melhorar o aproveitamento da mão de obra, visando à diminuição dos custos e aumentar o lucro da empresa.

#### **2.4.2 Etapas do TOC**

Visando a importância de um bom gerenciamento, Goldratt (1997) criou um processo de cinco passos, que busca identificar, controlar e gerenciar da melhor maneira as restrições de um sistema. (LOPES, GALDINO, DE SOUZA, MARQUES e TRIGUEIRO, 2017).

Identificar as restrições do sistema é a primeira etapa, na qual busca-se encontrar o fator limitante do sistema de produção medindo a capacidade produtiva de cada equipamento. A segunda etapa consiste em decidir como explorar as restrições do sistema, ou seja, é necessário utilizar a restrição visando a meta da empresa, sendo utilizada em todo o tempo disponível. É importante definir o que será feito a respeito da restrição.

A terceira etapa diz respeito a subordinar o resto à decisão anterior, que consiste em tomar decisões sobre os demais recursos já que eles devem ser utilizados na medida exata da demanda. Elevar as restrições do sistema é a quarta etapa corresponde em elevar a capacidade da restrição, isso geralmente acontece com investimentos em novas máquinas e equipamentos, por exemplo. Finalmente na quinta etapa é feita uma análise se a restrição foi eliminada e caso positivo, volta-se ao primeiro passo. O fluxograma 1 retrata as etapas.



Fluxograma 1: Etapas da TOC

### 2.4.3 Método tambor - pulmão – corda

Ao desenvolver a teoria, Goldratt (1993) comparou o processo produtivo a uma corrente que apresenta rompimento sempre no elo mais fraco. Esse elo corresponde ao gargalo, ou seja, a restrição do sistema. Para gerenciar e maximizar a produtividade da manufatura foi desenvolvido o método **Tambor - Pulmão - Corda**.

É um sistema de planejamento e programação de produção que regula o fluxo de material em processo no gargalo e tem como base a teoria das restrições, que busca a eficiências de processo individuais, observando os gargalos que restringem o sistema como um todo.

A restrição é o tambor, porque análogo aos arranjos musicais, é quem dita o ritmo e a velocidade dos demais processos produtivos. Isso significa, segundo Lopes, Galdino, de Souza, Marques e Trigueiro (2017), que "todos os outros recursos produtivos são sincronizados com a programação da restrição. É necessário que o tambor opere 100% do seu tempo."

Para que o tambor atue na sua capacidade máxima é preciso protegê-lo de eventuais problemas que possam ocorrer nas etapas anteriores. Para isso, é importante utilizar o um estoque intermediário que denomina o pulmão, que em quantidade adequada,

mantém o gargalo funcionando se acontecer um problema. Segundo Lopes, Galdino, de Souza, Marques e Trigueiro (2017) a sua função é liberar o material no processo para manter sempre a restrição ocupada, para que chegue à frente da restrição com alguma antecedência de tempo.

Para garantir que o gargalo só produza de acordo com a demanda e somente o necessário para o aumento das receitas, usa-se a metáfora da corda. A corda tem o objetivo de sinalizar a necessidade de entrada de materiais para alimentação dos gargalos e pulmões, liberando materiais na quantidade e na hora certa, ou seja, possui função de sincronização dos recursos.

## **2.5 PROCESSO PRODUTIVO DE PISO DE PORCELANATO**

De acordo com a Norma ISO 13006/NBR13818 o porcelanato é um produto cerâmico com especificação Bla que significa que tem baixa absorção de água ( $abs \leq 5\%$ ) e possui alta resistência mecânica. Segundo Da Purificação (2009), uma massa de porcelanato é composta por mistura de argilas, feldspatos, areias feldspáticas e algumas vezes caulins, filitos e aditivos.

O processo produtivo se inicia com a dosagem da matéria prima que diz respeito a quantidade de cada material que irá compor a massa. Essa mistura é encaminhada para o moinho que será adicionado água e defloculante e passará pelo processo de moagem, gerando a barbotina.

A barbotina é conduzida para o atomizador. Na atomização, segundo Oliveira e Hotza (2015):

A água contida na barbotina é removida por evaporação de maneira controlada. A remoção não é total já que uma certa quantidade de água residual deve permanecer nos grânulos formados para lhes conferir uma plasticidade adequada para a etapa de compactação por prensagem.

O pó atomizado é levado para a próxima etapa do processo: a prensagem. A prensa é o equipamento responsável por realizar essa etapa. Segundo a NBR 13816, prensagem é o processo de fabricação de placas para revestimento cujo corpo é conformado em prensas. E o objetivo da compactação é obter elevada densidade. É

aplicado no pó atomizado uma pressão que é responsável pela compactação do produto, dando a ele o formato e tamanho desejado, ou seja, tornando-o uma placa cerâmica. Segundo Pinheiro (2006), no caso do porcelanato, a pressão específica de compactação é na ordem de 34-45 MPa, o que permite obter uma densidade de 1,95-2,00 g/cm<sup>2</sup>.

Após a prensagem, a placa cerâmica é transportada para o processo de secagem, etapa que ocorre a eliminação da umidade residual, é realizado por meio do secador. As temperaturas de secagem podem variar de 130 a 250 °C e o tempo varia de acordo com o formato e as condições técnicas. Segundo Pinheiro (2006), "[...] verifica-se um aumento de resistência mecânica, atribuída a uma densificação causada pelo empacotamento e atração de partículas que aumenta as forças de ligação entre as mesmas."

A placa cerâmica seca passa pelo processo de esmaltação, aplicadando camadas de esmalte, que é responsável pela cor do produto final e também por efeitos de brilho ou sem brilho e a textura de liso ou áspero.

Após receber as camadas de esmaltes, o produto pode passar pela impressora digital ou pode seguir o processo sem essa etapa - depende do tipo de produto a ser produzido. Esse processo é responsável por imprimir no piso o desenho desejado, comumente, utilizado para assemelhar ao desenho e textura de pedra, madeira, cimento, dentre outros.

A próxima etapa é a queima que acontece no forno, e, segundo Oliveira e Hotza (2015), "permite que as reações de fusão e cristalização dos vários componentes da massa e do esmalte que constitui o produto se realizem. Essas reações garantem a absorção de água e retração dentro de especificações pré-determinadas".

Após a queima já é possível utilizar o produto. Porém, atualmente, e com a evolução do processo, é possível adicionar mais duas etapas (Polimento e Retificação) que agregam valor ao produto final e ultimamente tem sido demandado pelo mercado.

No polimento é empregado abrasivos sucessivamente mais finos para obter uma superfície lisa e extremamente brilhosa. Segundo Pinheiro (2006) o brilho é uma

característica bastante procurada pelos consumidores, pois além do efeito estético facilita também a limpeza. Esse processo é realizado na polidora.

O produto segue para retífica que, segundo Brito (2009),

[...] obtém-se o esquadrejamento das placas, que é efetuado através de rolos diamantados de alta capacidade de remoção, que trabalham sobre os lados contrapostos das placas cerâmicas firmadas e conduzidas por correias. Isso permite a produção de placas com um só tamanhos.

E o piso está pronto para ser classificado e embalado. A classificação acontece em uma máquina com visão artificial, que agrupa por classe de qualidade e lotes de produção e, após a essa máquina, há sensores que são responsáveis por avaliar planaridade e dimensões. E por fim é embalado e paletizado.

A Imagem 1 apresenta um fluxograma que resume as etapas do processo produtivo do revestimento de porcelanato.

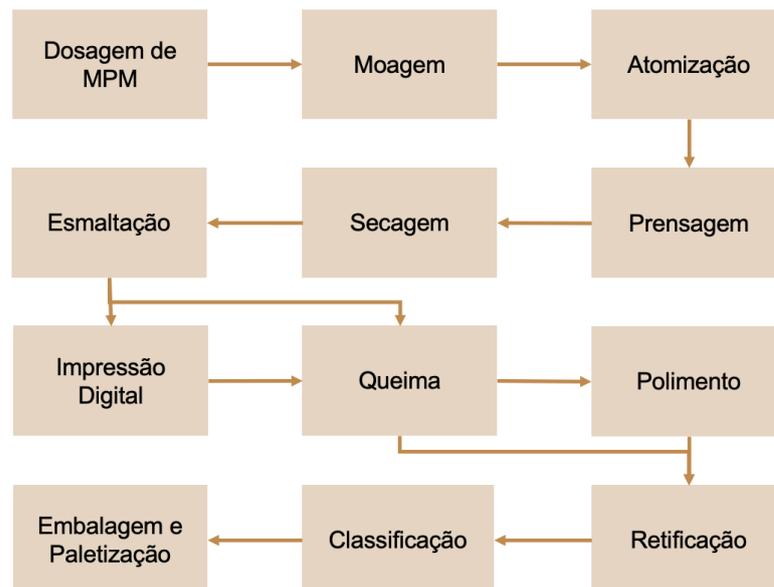


Imagem 1: Principais etapas do processo produtivo do revestimento de porcelanato

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho é a pesquisa-ação.

Segundo Thiollent (2022),

[...] a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Segundo Thiollent (2022), na "pesquisa-ação os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas".

A pesquisa-ação teve origem com os trabalhos de Kurt Lewin em 1946 que os traços estão relacionados à conceituação de problemas, o planejamento, à execução e à avaliação de ações para resolvê-los, seguida da repetição desse ciclo de atividades (KOERICH, BACKES, SOUZA, ERDMANN & ALBURQUEQUE, 2009).

A pesquisa-ação tem diversas características, dentre elas são citadas: inovadora, contínua, proativa estrategicamente, participativa, problematizada, dentre outras. (TRIPP, 2005).

Neste trabalho, os estudos iniciaram com a etapa de entender o funcionamento de cada equipamento e as variáveis que impactam na produtividade de cada um deles. Essa etapa aconteceu em conversas com especialistas das áreas e observação do processo produtivo. Já era de conhecimento, por atuar na empresa, sobre o processo de produção e a função de cada equipamento.

Após estudos em área foi dedicado tempo para estruturar, em planilhas, as variáveis do processo e produto e os cálculos que seriam importantes para atingir os resultados, citadas no desenvolvimento desde trabalho. Finalizando essa etapa, as variáveis foram coletadas, os cálculos foram realizados e as análises foram feitas.

Todos os cálculos, variáveis e resultados foram validados pelo diretor industrial da empresa.

#### **4. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA**

#### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SETOR**

Segundo a Anfacer, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de cerâmica - ficando atrás apenas da China e Índia - e possui 60 empresas fabris e 137 marcas, com maior concentração nas regiões Sudeste e Sul. Esse segmento representa 6% do PIB da indústria de materiais de construção.

A produção brasileira de revestimentos cerâmicos aumentou 20,9% nos últimos 5 anos e a produção de porcelanato cresceu 58,9% (ANFACER, 2022). Isso demonstra que o setor vem crescendo em uma grande proporção e as indústrias precisam estar preparadas para o aumento de demanda e de produtividade, além de que os clientes estão tornando-se mais exigentes.

#### **4.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA**

O estudo foi realizado em uma indústria de pisos cerâmicos, localizada no Sudeste do Brasil. Uma empresa com mais de 50 anos de história, que vem investindo cada vez mais em novas tecnologias e no seu crescimento.

A empresa conta com mais de 6 linhas de produção e produtos variados, com design reconhecido por placas cerâmicas que unem beleza com alta tecnologia. Sua produção é de 40 milhões de m<sup>2</sup> de revestimentos por ano.

### **5. DESENVOLVIMENTO**

#### **5.1 DEFINIÇÃO DO ESTUDO**

Nesta pesquisa o estudo de gargalo irá abranger o processo produtivo da parte da prensagem até a queima. Não será abordado a preparação de massa (dosagem de matéria prima, moagem e atomização) e o acabamento do piso (retífica, polidora e embalagem e paletização), mas isso não descarta a importância de também analisar

essas etapas. As etapas que serão estudadas neste trabalho estão destacadas em vermelho na Imagem 2.

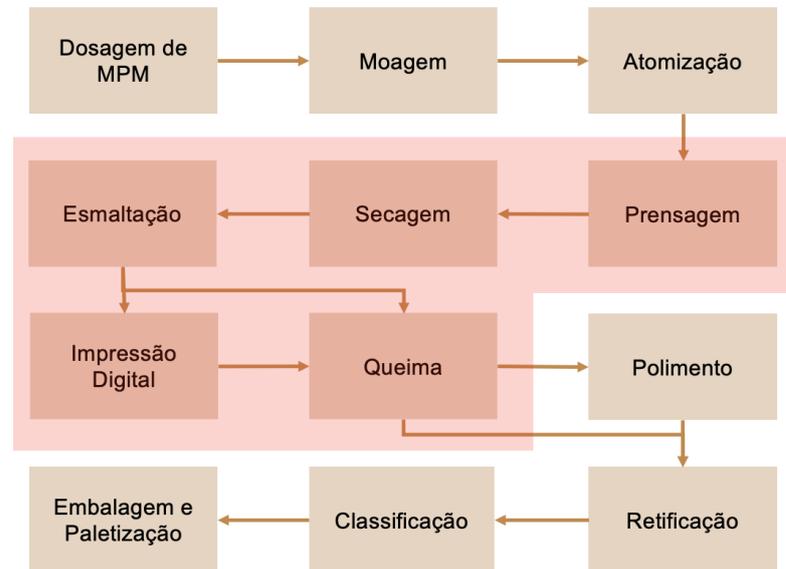


Imagem 2: Limitação do processo que será estudado neste trabalho

O processo produtivo da prensagem até a embalagem funciona em uma escala de 24 horas por dia, durante todos os dias do mês e do ano. São realizadas paradas de manutenção com duração de 2 a 7 horas no mês.

Será realizado o estudo de gargalo em três linhas de produção. A Linha A produz o formato 50X50 cm. A Linha B produz o formato 30X60 cm e a Linha C produz os formatos 80X80 cm e 100X100 cm.

A fábrica trabalha 24 horas por dia e 365 dias ao ano. A capacidade produtiva de todos os equipamentos será analisada em quantidade produzida por dia, ou seja, m<sup>2</sup>/dia.

## 5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS E FÓRMULA DE CÁLCULO

Esta seção apresentará o funcionamento dos equipamentos, as variáveis, dados e informações que são necessários para o cálculo e a forma de cálculo da capacidade produtiva.

As variáveis do processo produtivo devem ser adquiridas em relação ao máximo que é possível produzir sem perder a qualidade do produto. Para o estudo de gargalo não

se pode analisar as variáveis que são utilizadas atualmente, visto que o resultado que obterá usando os dados reais é a produção real, e o objetivo da pesquisa é identificar qual equipamento pode ser melhor utilizado. É importante analisar o equipamento separadamente, sem interferência dos demais.

Por exemplo, a prensa da linha A tem uma produção real de 3 batidas por minuto, pois o forno não suporta receber mais quantidade de placa cerâmica, logo não se pode considerar a capacidade da prensa de 3 batidas por minuto. Mas 5 batidas por minutos que é o máximo produzido mantendo a qualidade. Caso contrário a capacidade da prensa fica limitado a capacidade do forno, o que não permite fazer uma análise real do problema.

Evidenciará também o modo de organizar a capacidade produtiva para identificação do gargalo. As informações por equipamentos são apresentadas nas subseções a seguir.

### **5.2.1 Prensa**

Para obter a capacidade produtiva da prensa será necessário analisar a variável de entrada, que está relacionada a especificações do produto, e variáveis de processo, pois é através desses dados que será possível calcular as saídas, que dentre elas, apresenta-se a capacidade produtiva da prensa.

A prensa é o equipamento que transforma o pó atomizado em formato de placa cerâmica. É através dela que se tem o tamanho do piso desejado, além de sua compactação. Como entrada da prensa temos o pó atomizado, cuja umidade precisa ser controlada para garantir a qualidade do produto, uma vez que pode influenciar no potencial de secagem e queima.

Relacionado as variáveis do processo é necessário levantar a quantidade de prensa na linha. Cada prensa pode haver mais de uma cavidade, que corresponde ao molde que recebe o pó que determina o tamanho da placa cerâmica. Além da quantidade de cavidade, é importante levantar a medida dos dois lados da cavidade.

Na Imagem 3, abaixo, mostra um exemplo de prensa, 3 cavidades e placas cerâmica já prensadas.



Imagem 3: Exemplo de prensa

Fonte: <https://pointer.com.br/blog/ceramica-de-z/>

A produtividade da prensa está relacionada com o seu ciclo, ou seja, a quantidade de prensagens em determinado período. Além disso, após a prensagem ser realizada a placa cerâmica sofre uma expansão, que deve ser destacada.

As placas cerâmicas que saem da prensa são relativamente maiores que as placas cerâmicas embaladas, pois elas sofrem retração na sua queima e na secagem, além de quebras que acontecem durante o processo. Por isso, não se pode calcular a produtividade da prensa sem considerar toda perda de processo à frente, caso contrário, não será possível comparar a produtividade da prensa com a produtividade do forno. Para isso, precisa ser levantado a retração de queima e secagem, a quebra na linha, as paradas para limpeza da impressora digital e a eficiência.

O tópico abaixo apresenta um resumo de todas as variáveis que precisam ser coletadas com suas respectivas unidades de medida.

Entradas:

- Umidade do pó atomizado (%)

Processo:

- Quantidade de prensa (unidade)

- Quantidade de cavidade (unidade)
- Tamanho L1 da cavidade (m)
- Tamanho L2 da cavidade (m)
- Ciclo máximo da prensa (batida/min)
- Eficiência da prensa (%)
- Limpeza da digital (%)
- Expansão pós-prensagem (%)
- Retração secador (%)
- Retração forno (%)
- Quebra (%)

Na qual L1 refere-se a um lado da placa de produto e L2 ao outro lado. Caso um formato de piso seja de proporções iguais, por exemplo o 50X50,  $L1 = L2$ , caso não seja, como o 30X60, o L1 corresponde ao lado maior e o L2 ao lado menor ( $L1 > L2$ ).

Com todas as variáveis levantadas é possível calcular a capacidade produtiva da prensa. Para facilitar os cálculos necessários estarão divididos em passos. Abaixo estão apresentados o que deve ser calculado em cada passo e sua unidade de medida.

Passo 1: tamanho L1 placa saída prensa (m)

Passo 2: tamanho L2 placa saída prensa (m)

Passo 3: área da placa prensada ( $m^2$ )

Passo 4: produção instalada da prensa ( $m^2/dia$ )

Passo 5: capacidade produtiva da prensa ( $m^2/dia$ )

Sendo que a produção instalada, em todos os casos, não só na prensa, equivale a capacidade instalada que é melhor explicada no referencial teórico.

O primeiro passo é dado por:

$$\begin{aligned} & \textit{tamanho L1 placa saída prensa} \\ & = \textit{tamanho L1 da cavidade} * \textit{expansão pós prensagem} \end{aligned}$$

O segundo passo corresponde a mesma lógica, porém é para obter o outro lado da placa.

$$\begin{aligned} & \textit{tamanho L2 placa saída prensa} \\ & = \textit{tamanho L2 da cavidade} * \textit{expansão pós prensagem} \end{aligned}$$

O terceiro passo é calcular a área da placa com as duas informações obtidas anteriormente.

$$\begin{aligned} & \textit{área da placa prensada} \\ & = \textit{tamanho L1 placa saída prensa} * \textit{tamanho L2 placa saída prensa} \end{aligned}$$

A produção instalada, quarto passo, é dada por:

$$\begin{aligned} & \textit{produção instalada prensa} \\ & = \textit{quantidade de prensa} * \textit{quantidade de cavidade} \\ & \quad * \textit{ciclo máximo da prensa} * \textit{área da placa prensada} * \textit{minutos por dia} \end{aligned}$$

Sendo que *minutos por dia* = 1440, visto que a fábrica trabalha 24 horas por dia.

Por fim, é necessário desconsiderar as perdas do processo para termos a real capacidade produtiva da prensa, representada por CPp:

$$\begin{aligned} & \textit{capacidade produtiva da prensa (CPp)} \\ & = \textit{produção instalada prensa} * \textit{eficiência da prensa} \\ & \quad * \textit{limpeza da digital} * \textit{retração do secador} * \textit{retração do forno} \\ & \quad * \textit{quebra} \end{aligned}$$

Esses 5 passos devem ser aplicados para cada linha de produção e em cada formato.

### 5.2.2 Secador

Após o processo de prensagem, a placa cerâmica é encaminhada ao secador, que tem como responsabilidade retirar parte da água que contém na placa cerâmica e possibilitar maior resistência no seu transporte na linha de produção.

Como entrada do secador, que é necessária para o cálculo da capacidade produtiva, temos a placa cerâmica, por isso seu tamanho e área são necessários. O secador é uma máquina cumprida na qual a placa entra em uma extremidade, é transportada por rolos até a outra extremidade e segue para o processo. Logo, é necessário, como variáveis do processo, considerar o comprimento do secador.

O secador pode possuir mais de um andar de entrada e saída de placas cerâmicas, eles são chamados de canais. Além da quantidade de canais, é importante analisar quantas placas entram no secador juntas em um canal, ou seja, a quantidade de placas por fila. Entre as filas no secador existe um espaço vazio, que precisa ser considerado para calcular a ocupação do secador.

A imagem 4 abaixo, mostra um exemplo de um secador com 7 canais.



Imagem 4: Exemplo de secador

Fonte: <https://www.sacmi.it/pt-pt/Ceramics/Azulejos/secagem>

O que dita a produção do secador é o ciclo, que precisa ser considerado o ciclo máximo que se pode trabalhar mantendo a qualidade do produto. E por fim, como dito

na prensa, precisa-se considerar as perdas de processo que abrange a eficiência do secador, a parada para limpeza da digital, retração do secador e quebra na linha.

O tópico abaixo apresenta um resumo de todas as variáveis que precisam ser levantadas com suas respectivas unidades de medida.

Processo:

- Comprimento secador (m)
- Quantidade de canais (unidade)
- Quantidade de placa por fila (unidade)
- Distância entre filas (m)
- Ciclo máximo do secador (min)
- Eficiência do secador (%)

É necessário considerar que a retração no secador (%), a retração do forno (%) e a quebra (%) já foram levantadas nos tópicos da prensa e elas se repetem nesses tópicos pois é a mesma informação.

Além disso, é importante destacar que:

$$\textit{tamanho L1 placa entrada secador} = \textit{tamanho L1 placa saída prensa}$$

$$\textit{tamanho L2 placa entrada secador} = \textit{tamanho L2 placa saída prensa}$$

Logo,

$$\textit{área da placa entrada do secador} = \textit{área da placa prensada}$$

Como feito na prensa, dividindo em passos o cálculo da capacidade produtiva do secador, temos:

Passo 6: tamanho L1 saída secador (m)

Passo 7: tamanho L2 saída secador (m)

Passo 8: área placa saída secador (m<sup>2</sup>)

Passo 9: produção instalada do secador (m<sup>2</sup>/dia)

Passo 10: capacidade produtiva do secador (m<sup>2</sup>/dia)

Tem-se no sexto passo que:

$$\begin{aligned} \textit{tamanho L1 placa saída secador} \\ = \textit{tamanho L1 placa entrada secador} * \textit{retração do secador} \end{aligned}$$

A mesma lógica acontece no sétimo passo:

$$\begin{aligned} \textit{tamanho L2 placa saída secador} \\ = \textit{tamanho L2 placa entrada secador} * \textit{retração do secador} \end{aligned}$$

Logo, o oitavo passo, é dado por

$$\begin{aligned} \textit{área placa saída secador} \\ = \textit{tamanho L1 placa saída secador} * \textit{tamanho L2 placa saída secador} \end{aligned}$$

O nono passo consiste em

$$\begin{aligned} \textit{produção instalada secador} \\ = \frac{\textit{comprimento do secador} * \textit{quant. placa por fila} * \textit{quat. de canais} * \textit{minutos por dia} * \textit{área saída secador}}{\textit{ciclo máximo do secador} * (\textit{tamanho L1 placa entrada secador} + \textit{distância entre peças})} \end{aligned}$$

Tal que *minutos por dia* = 1440, já que produção trabalha 24 horas por dia.

Para o secador é necessário também desconsiderar as perdas do processo para termos a real capacidade produtiva da prensa, representada por CPs:

$$\begin{aligned} \textit{capacidade produtiva secador (CPs)} \\ = \textit{produção instalada secador} * \textit{eficiência do secador} \\ * \textit{limpeza digital} * \textit{retração no forno} * \textit{quebra} \end{aligned}$$

Esses 5 passos devem ser aplicados para cada linha de produção e em cada formato.

### 5.2.3 Impressora Digital

A impressora digital é responsável por conceder o design desejado e agregar valor, trazendo uma realidade a placa cerâmica. É possível produzir placas com aspectos de madeiras, mármore, pedras, cimentos etc.

Seu funcionamento é simples, é instalada na linha de produção e à medida que a placa passa, ela aplica a impressão desejada. Como pode ver na Imagem 5, abaixo.



Imagem 5: Exemplo de impressora digital

Fonte: Creadigit | System Ceramics

Por ser uma máquina que aplica a impressão à medida que a placa passa por ela, só é necessário levantar a velocidade de impressão. Quanto mais rápido a placa passa menor a resolução da impressão. Algumas impressoras simulam a velocidade máxima para um dado tamanho de placa mantendo a resolução desejada. A variável está destacada abaixo com sua unidade de medida.

#### Processo

- Velocidade de impressão (placa/min)

A placa que entra e sai na digital é do mesmo tamanho da placa que sai do secador, pois ela só recebe o esmalte entre um equipamento e outro, fazendo com que não sofra mudanças de tamanho.

Como entrada do processo da digital, tem-se então que o tamanho da placa é igual ao tamanho da saída do secador. Logo:

*tamanho L1 placa entrada digital = tamanho L1 placa saída secador*

*tamanho L2 placa entrada digital = tamanho L2 placa saída secador*

*área placa entrada digital = área placa saída secador*

A placa que sai da digital permanece do mesmo tamanho da que entra, visto que a impressora digital não muda nenhuma propriedade da placa. Logo,

*tamanho L1 placa saída digital = tamanho L1 placa entrada digital*

*tamanho L2 placa saída digital = tamanho L2 placa entrada digital*

*área placa saída digital = área placa entrada digital*

Para calcular a capacidade produtiva da digital é preciso realizar dois passos, representados abaixo:

Passo 11: produção instalada da digital (m<sup>2</sup>/dia)

Passo 12: capacidade produtiva da digital (m<sup>2</sup>/dia)

A produção instalada corresponde a:

*produção instalada digital*

*= velocidade de impressão \* área placa saída digital*

*\* minutos por dia*

Na qual *minutos por dia* = 1440, visto que a fábrica trabalha 24 horas por dia.

Desconsiderando as perdas, temos a capacidade produtiva da digital dada por:

*capacidade produtiva da digital (CPd)*

*= produção instalada digital \* eficiência da digital*

*\* limpeza da digital \* retração forno \* quebra*

Os dois passos devem ser aplicados para todas as linhas e todos os formatos.

#### 5.2.4 Forno

Após a placa cerâmica receber a impressão digital, ela é encaminhada para o forno que é o responsável por conceder a resistência da placa, além de realçar as cores e os efeitos aplicados. Os componentes das placas cerâmicas sofrem fusão e cristalização, preenchendo os espaços que antes eram compostos por água, permitindo que a placa tenha um nível baixo de umidade e seja resistente, e por consequência, ela sofre retração.

A estrutura do forno é parecida com a de um secador – a placa entra em uma extremidade, é transportada por rolos e sai na outra extremidade – porém funciona em altíssimas temperaturas, podendo chegar em 1200 °C, possui uma extensão muito maior e possui apenas 1 canal.

Na Imagem 6, é possível ver o comprimento do forno e as placas entrando em um de seus lados. Nessa imagem, contém 3 placas entrando ao mesmo tempo no forno, ou seja, 3 placas por fila.



Imagem 6: Exemplo de forno

Fonte: Fornalhas industriais para cerâmicas e acessórios | SACMI

As variáveis de entrada do forno são iguais as variáveis de saída da impressora digital, logo o tamanho da placa é o mesmo.

*tamanho L1 placa entrada forno = tamanho L1 placa saída digital*

*tamanho L2 placa entrada forno = tamanho L2 placa saída digital*

$$\text{área placa entrada forno} = \text{área placa saída digital}$$

Para calcular a produtividade do forno, as variáveis de processos necessárias são o comprimento do forno, a quantidade de placas que entram juntas no forno e a distância entre elas, para encontrar a quantidade de placas que cabem no forno cheio. E sua produtividade irá depender do ciclo do forno que é o tempo que uma placa entra até o momento em que ela sai. Em resumo, são necessárias as seguintes variáveis:

Processo

- Ciclo do forno (min)
- Comprimento do forno (m)
- Placa por fila (placa)
- Distância entre placas (m)

Dividindo a lógica em passos, temos os cálculos:

Passo 13: tamanho L1 placa saída forno

Passo 14: tamanho L2 placa saída forno

Passo 15: área placa saída forno

Passo 16: produção instalada forno

Passo 17: capacidade produtiva do forno

O tamanho dos lados é dado por:

$$\text{tamanho L1 placa saída forno} = \text{tamanho L1 placa entrada forno} * \text{retração forno}$$

$$\text{tamanho L2 placa saída forno} = \text{tamanho L2 placa entrada forno} * \text{retração forno}$$

Logo, o passo 15 é dado por:

$$\text{área placa saída forno}$$

$$= \text{tamanho L1 placa saída forno} * \text{tamanho L2 placa saída forno}$$

O passo 13 é determinado por:

$$\begin{aligned}
 & \textit{produção instalada forno} \\
 & = \textit{placa por fila} \\
 & * \left( \frac{\textit{comprimento do forno}}{\textit{tamanho L1 placa entrada forno} + \textit{distância peças}} \right) \\
 & * \left( \frac{\textit{minutos por dia}}{\textit{ciclo do forno}} \right) * \textit{área placa saída forno}
 \end{aligned}$$

Considerando as perdas do processo, que nesse caso é apenas a eficiência do equipamento e a quebra, tem-se:

$$\begin{aligned}
 & \textit{capacidade produtiva forno (CPf)} \\
 & = \textit{produção instalada forno} * \textit{eficiência do forno} * \textit{quebra}
 \end{aligned}$$

### 5.3 ANÁLISE DO GARGALO

Após os cálculos de cada equipamento é necessário organizar as informações de modo a facilitar a análise de gargalo.

Para isso, deve-se criar uma tabela, na qual nas colunas serão destacados os formatos que estão sendo analisados e nas linhas conterão os equipamentos, para que no cruzamento da informação tenha a capacidade produtiva de cada equipamento para cada formato. É interessante destacar as capacidades menores e maiores nos formatos, para facilitar a visualização.

Colocar abaixo da tabela a média de produção real é uma forma de identificar oportunidades.

A Tabela 2 representa o modelo de tabela citado a cima:

<b>EQUIPAMENTO</b>	<b>Formato 1</b>	<b>Formato 2</b>	<b>Formato 3</b>
Equipamento 1	CP eq1 form1	CP eq1 form2	CP eq1 form3
Equipamento 2	CP eq2 form1	CP eq2 form2	CP eq2 form3
Equipamento 3	CP eq3 form1	CP eq3 form2	CP eq3 form3
Equipamento 4	CP eq4 form1	CP eq4 form2	CP eq4 form3
<b>MÉDIA DE PRODUÇÃO</b>	média form 1	média form 2	média form 3

Tabela 2: Resumo para análise do gargalo

Na qual, CP corresponde a Capacidade Produtiva. Nesse modelo, é possível analisar a média atual de produção e as capacidades de produção de cada equipamento, para cada formato, ficando mais claro a identificação do gargalo e as oportunidades.

## **6. RESULTADOS**

Nesta seção serão apresentados as variáveis, dados coletados e os resultados obtidos no estudo.

### **6.1 RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE DADOS E DOS CÁLCULOS**

Os dados representados nesta seção foram levantados em julho de 2022, porém são dados que não se alteram facilmente, pois geralmente são valores padrões de trabalho.

#### **6.1.1 Resultado da Prensa**

Para realizar o cálculo da capacidade produtiva da prensa foi destacado, anteriormente, o uso de diversas variáveis necessárias para serem consideradas. A quantidade de prensa e cavidade foi obtida em análise na área produtiva. O tamanho dos lados da cavidade foi conseguido examinando o projeto/desenho das cavidades. E as demais variáveis foram levantadas em conversa com os especialistas da área.

A Tabela 3 representa, separado em entradas e processos, as variáveis para cada linha e formato.

	Descrição	Unidade de medida	PRENSA A	PRENSA B	PRENSA C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
<b>ENTRADAS</b>	Umidade do pó atomizado	%	8,0%	8,0%	8,0%	8,0%
<b>PROCESSO</b>	Quantidade de prensa	unidade	3	2	2	2
	Quantidade de cavidade	unidade	2	3	2	1
	Tamanho L1 da cavidade	m	0,5354	0,6076	0,8766	1,0893
	Tamanho L2 da cavidade	m	0,5354	0,3086	0,8766	1,0893
	Espessador L1	m	-	-	-	-
	Espessador L2	m	-	-	-	-
	Ciclo máximo da prensa	batida/min	10,5	14,0	6,0	5,0
	Eficiência da prensa	%	85%	85%	85%	85%
	Limpeza da Digital	%	97%	97%	97%	97%
	Expansão pós-prensagem	%	100,6%	100,6%	100,6%	100,6%
	Retração secador	%	100%	100%	100%	100%
	Retração forno	%	99%	99%	99%	93%
	Quebra	%	99%	99%	99%	98%

Tabela 3: Variáveis da prensa

Aplicando os passos 1 ao 5, destacados no desenvolvimento, tem-se, em ordem de passo, os seguintes resultados, apresentados na Tabela 4:

	Descrição	Unidade de medida	PRENSA A	PRENSA B	PRENSA C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
<b>SAÍDAS</b>	Tamanho L1 placa saída prensa	m	0,54	0,61	0,88	1,10
	Tamanho L2 placa saída prensa	m	0,54	0,31	0,88	1,10
	Área da placa prensada	m <sup>2</sup>	0,29	0,19	0,78	1,20
	Produção instalada da Prensa	m <sup>2</sup> /dia	26.318	22.954	26.876	17.292
	Capacidade produtiva Prensa	m <sup>2</sup> /dia	<b>21.318</b>	<b>18.614</b>	<b>21.767</b>	<b>13.036</b>
	Disponibilidade prensa	%	81,0%	81,1%	81,0%	75,4%

Tabela 4: Cálculos da prensa

A capacidade produtiva da prensa apresenta-se em verde na Tabela 4. Percebe-se na Linha C que, uma mesma prensa, em formatos diferentes, produz quantidades diferentes. Os processos são bem particulares e um aumento do tamanho do formato pode influenciar na velocidade do ciclo e na pressão mínima. Também vale destacar as particularidades de cada prensa, como por exemplo, a diferença entre a prensa A e a C, que por mais que o produto da linha A seja menor que o 80X80, a prensa pode ser de outro modelo com outras especificações, não permitindo produzir mais

quantidade desse produto. A disponibilidade da prensa é dado pela razão entre a capacidade produtiva da prensa e a capacidade instalada da prensa.

### 6.1.2 Resultado do Secador

Os dados necessários para calcular a capacidade produtiva do secador citados no desenvolvimento foram obtidos das formas referidas a seguir. O comprimento do secador, foi encontrado na especificação do produto, a quantidade de canais e a quantidade de placas por fila foi observado em análise na área e no equipamento, e por fim, a distância entre filas e o ciclo máximo do secador foi obtido por contato com o especialista da área.

As entradas do secador (relacionada ao produto) são as mesmas que as saídas da prensa, e estão destacadas na Tabela 5:

	Descrição	Unidade de medida	SECADOR A	SECADOR B	SECADOR C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
ENTRADAS	Tamanho L1 placa entrada secador	m	0,54	0,61	0,88	1,10
	Tamanho L2 placa entrada secador	m	0,54	0,31	0,88	1,10
	Área placa entrada secador	m <sup>2</sup>	0,29	0,19	0,78	1,20

Tabela 5: Variáveis de entrada no secador

As variáveis do processo foram organizadas na Tabela 6:

	Descrição	Unidade de medida	SECADOR A	SECADOR B	SECADOR C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
PROCESSO	Comprimento secador	m	38,0	21,0	42,6	42,6
	Quantidade de canais	unidades	3	5	5	5
	Quantidade de placa por fila	unidades	5	8	3	2
	Distância entre filas	m	0,41	0,15	0,61	0,33
	Ciclo máximo no secador	min	7,82	12,10	17,85	25,31
	Eficiência do secador	%	0,85	0,85	0,85	0,85
	Limpeza da Digital	%	97%	97%	97%	97%
	Retração no secador	%	99,95%	99,95%	99,95%	99,95%
	Retração forno	%	99%	99%	99%	93%
	Remoção da retífica	%	100%	100%	100%	100%
Quebra	%	99%	99%	99%	98%	

Tabela 6: Variáveis do processo do secador

Aplicando os 5 passos (de Passo 6 a Passo 10), temos, em ordem de passo a Tabela 7 que representa os resultados dos cálculos.

	Descrição	Unidade de medida	SECADOR A	SECADOR B	SECADOR C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
SAÍDAS	Tamanho L1 placa saída secador	m	0,54	0,61	0,88	1,10
	Tamanho L2 placa saída secador	m	0,54	0,31	0,88	1,10
	Área placa saída secador	m <sup>2</sup>	0,29	0,19	0,78	1,20
	Produção instalada do secador	m <sup>2</sup> /dia	32.067	24.903	26.803	20.392
	Capacidade produtiva Secador	m <sup>2</sup> /dia	<b>25.988</b>	<b>20.206</b>	<b>21.718</b>	<b>15.381</b>
	Disponibilidade secador	%	81%	81%	81%	75%

Tabela 7: Cálculos do secador

A capacidade produtiva do secador está destacada em verde na Tabela 7. A produtividade do secador depende do seu tamanho, do tamanho da placa que passa por ele e do seu ciclo. Para aumentar a produtividade do secador, pode-se trabalhar em reduzir a distância entre filas, sendo que a distância mínima permitida pelo fabricante é de 0,15 metros. Porém, não é uma mudança simples, depende da temperatura do secador, do aumento de ciclo e da qualidade do produto. É necessário um estudo técnico e minucioso para isso.

### 6.1.3 Resultado da impressora digital

Conforme abordado na seção anterior, a única variável que era necessária ser levantada para o cálculo é a velocidade de impressão. Juntamente com o especialista da impressora digital foi realizado simulações no próprio equipamento, na qual foi adicionado o tamanho e a resolução desejada (ambos trabalhados hoje) e a máquina simulou a velocidade máxima que poderia realizar a impressão mantendo a resolução.

Os valores, de entrada e as variáveis do processo estão destacadas na Tabela 8 abaixo:

	Descrição	Unidade de medida	DIGITAL A	DIGITAL B	DIGITAL C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
<b>ENTRADAS</b>	Tamanho L1 placa entrada digital	m	0,54	0,61	0,88	1,10
	Tamanho L2 placa entrada digital	m	0,54	0,31	0,88	1,10
	Área placa entrada digital	m <sup>2</sup>	0,29	0,19	0,78	1,20
<b>PROCESSO</b>	Velocidade de impressão	placa/min	85	94	30	24
	Limpeza da digital	%	97%	97%	97%	97%
	Eficiência da digital	%	85%	85%	85%	85%
	Retração forno	%	99%	99%	99%	93%
	Quebra	%	99%	99%	99%	98%

Tabela 8: Variáveis da impressora digital

Considerando os tamanhos da placa de saída iguais e aplicando os passos 11 e 12, temos como resultado a Tabela 9:

	Descrição	Unidade de medida	DIGITAL A	DIGITAL B	DIGITAL C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
<b>SAÍDAS</b>	Tamanho L1 placa saída digital	m	0,54	0,61	0,88	1,10
	Tamanho L2 placa saída digital	m	0,54	0,31	0,88	1,10
	Área placa saída digital	m <sup>2</sup>	0,29	0,19	0,78	1,20
	Produção instalada digital	m <sup>2</sup> /dia	35.473	25.661	33.562	41.460
	Capacidade produtiva Digital	m <sup>2</sup> /dia	<b>28.748</b>	<b>20.820</b>	<b>27.195</b>	<b>31.271</b>
	Disponibilidade digital	%	81%	81%	81%	75%

Tabela 9: Cálculos da impressora digital

A capacidade produtiva da digital está apresentada em verde na Tabela 9. Percebe-se que a digital C tem uma maior produtividade no formato 100X100 do que 80X80, porém a quantidade de placa que passa por minuto é menor, o que faz o aumento considerável é que uma placa do 100X100 tem área maior que a placa do 80X80.

#### 6.1.4 Resultado do forno

Levantar e estudar as variáveis do forno não foi diferente dos demais equipamentos. A informação de comprimento do forno é uma especificação do equipamento e é possível achar na etiqueta do próprio produto. A quantidade de placa por fila, foi identificado em estudo de área, sendo analisado a quantidade de placas que entram

no forno ao mesmo tempo. E as informações de distância entre placas e ciclo máximo do forno foi obtido em conversa com o especialista do forno.

A Tabela 10 apresenta as informações mapeadas por linha e formato.

	Descrição	Unidade de medida	FORNO A	FORNO B	FORNO C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
<b>ENTRADAS</b>	Tamanho L1 placa entrada forno	m	0,54	0,61	0,88	1,10
	Tamanho L2 placa entrada forno	m	0,54	0,31	0,88	1,10
	Área placa entrada forno	m <sup>2</sup>	0,29	0,19	0,78	1,20
<b>PROCESSO</b>	Ciclo máximo do forno	min	35,0	31,0	42,0	46,0
	Comprimento do forno	m	242	192	256	244
	Placa por fila	unidade	4	7	3	2
	Distância entre placas	m	0,001	0,001	0,001	0,001
	Retração do forno	%	99,1%	99,1%	99,1%	93,0%
	Eficiência do forno	%	98,0%	97,5%	99,0%	98,5%
	Quebra	%	99,1%	99,3%	98,8%	98,0%

Tabela 10: Variáveis do forno

Aplicando os 5 passos (13 ao 17) temos os seguintes resultados, apresentados na Tabela 11.

	Descrição	Unidade de medida	FORNO A	FORNO B	FORNO C	
			50X50	30X60	80X80	100X100
<b>SAÍDAS</b>	Tamanho L1 placa saída forno	m	0,53	0,61	0,87	1,02
	Tamanho L2 placa saída forno	m	0,53	0,31	0,87	1,02
	Área placa saída forno	m <sup>2</sup>	0,28	0,19	0,76	1,04
	Produção instalada forno	m <sup>2</sup> /dia	20.978	18.978	22.748	14.435
	Capacidade produtiva Forno	m <sup>2</sup> /dia	<b>20.373</b>	<b>18.374</b>	<b>22.250</b>	<b>13.934</b>
	Disponibilidade	%	97%	97%	98%	97%

Tabela 11: Cálculos do forno

A capacidade produtiva do forno apresenta-se em verde na Tabela 11. Pode-se perceber que mesmo forno produz quantidades bem diferentes dependendo do formato, como é o exemplo do Forno C, o que mostra a importância de não só olhar a linha de produção como também o formato.

## 6.2 RESULTADO DA ANÁLISE DE GARGALO

Com os cálculos realizados das capacidades produtivas de cada equipamento, é necessário juntar as informações de acordo com a Tabela 1 apresentada no desenvolvimento, para facilitar a análise.

Aplicando a tabela proposta no desenvolvimento, temos, na Tabela 12 o resumo:

EQUIPAMENTO	50X50	30X60	80X80	100X100
Prensa	21.318	18.614	21.767	13.036
Secador	25.988	20.206	21.718	15.381
Digital	28.748	20.820	27.195	31.271
Forno	20.373	18.374	22.250	13.934
MÉDIA DE PRODUÇÃO	20.300	18.300	19.000	11.000

Tabela 12: Resultado estudo de gargalo

Em resumo no Gráfico 1, tem-se:

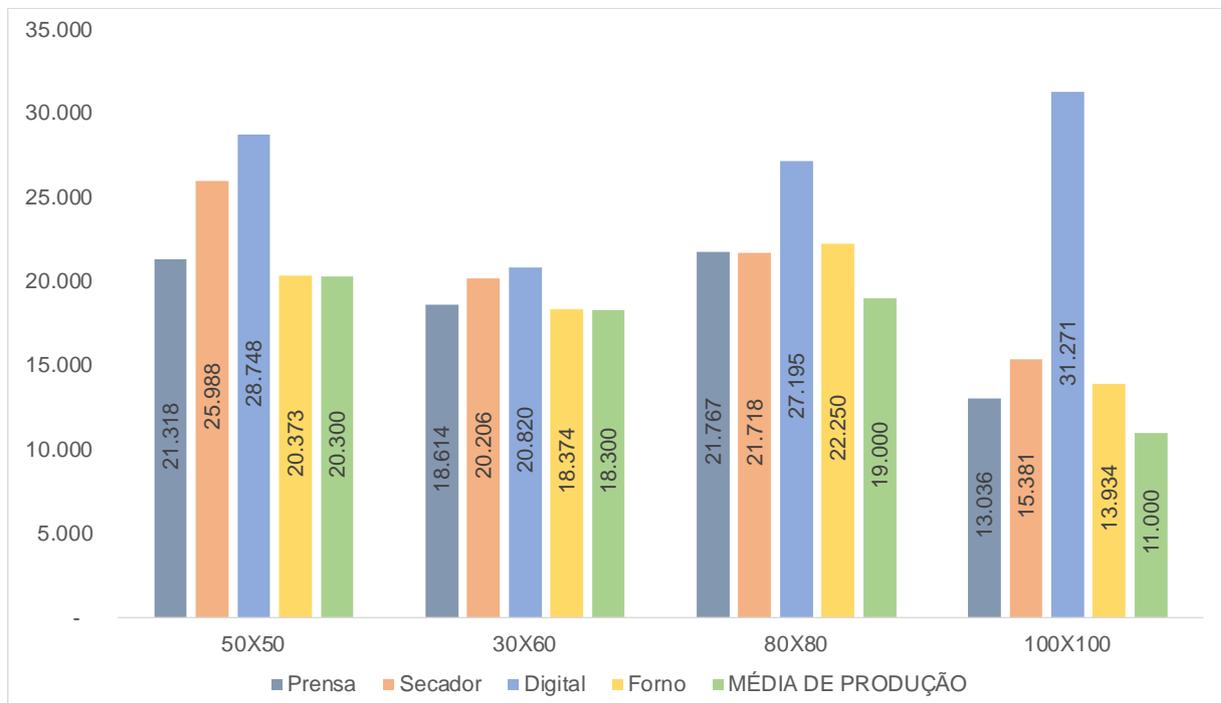


Gráfico 1: Resumo gargalo

O gargalo da Linha A, que recebe o formato 50X50, é o forno, com produção máxima de 20.373 m²/dia. A produção média atual desse formato está bem próxima da produção do gargalo. Isso quer dizer que apenas com ajuste de processo, não é

possível aumentar a produção. Para aumentar a produtividade é necessário comprar um novo forno, e caso essa decisão seja tomada, a prensa se transforma em gargalo e a produção aumentaria em 945 m<sup>2</sup>/dia.

O gargalo da Linha B, que recebe o formato 30X60, também é o forno, é a mesma lógica da Linha A. O forno está sendo utilizado ao máximo, e caso decida-se investir em um novo forno, a produtividade aumenta em 240 m<sup>2</sup>/dia, com a prensa tornando gargalo.

Porém, forno é o equipamento de mais alto investimento e de mais alto custo, quanto melhor aproveitado, menor é o impacto do forno no custo de produção. Por tanto, manter o forno como tambor é a melhor opção. Caso se tenha um aumento significativo de demanda, é válido a análise da construção de uma nova linha. Essa decisão equivale para as Linha A e B.

Na linha C, quando está em produção o formato 80X80, o que pode vir a ser o gargalo é o secador com produção máxima de 21.718 m<sup>2</sup>/dia e logo em seguida vem a prensa com 49 m<sup>2</sup>/dia a mais que o secador. Analisando a média atual de produção, tem-se 19.000 m<sup>2</sup>/dia. Percebe-se o gargalo não está em nenhum equipamento e por isso há uma oportunidade entre a produção atual e o gargalo, de 2.718 m<sup>2</sup>/dia. Nesse caso, é importante trabalhar a produção para que a produção média diária aumente e iguale ao gargalo, pois a linha não está sendo aproveitada da melhor forma.

No formato 100X100 o gargalo é a prensa, com uma capacidade de produção de 13.036 m<sup>2</sup>/dia. Existe uma oportunidade também de 2.036 m<sup>2</sup>/dia, visto que a média de produção é de 11.000 m<sup>2</sup>/dia.

Caso esses pontos sejam identificados e tratados a empresa tem uma oportunidade, sem investimentos em novos equipamentos de, 907 mil m<sup>2</sup> no ano, que equivale a aproximadamente 15,5 milhões de reais ao ano, ou seja, 1,2 milhões de reais ao mês.

### **6.3 PROPOSTAS APÓS ESTUDO DE GARGALO**

Considerando, como dito no tópico anterior, que manter o forno como gargalo é a melhor opção por estratégia de elevados custos para manter e de elevado

investimento, as decisões em relação aos Linhas A e B não são realizar novos investimentos para aumento de produção. Caso tenha uma previsão de aumento de demanda para os dois formatos deve-se estudar a sua produção em outra linha já existente ou o investimento em uma nova linha completa, mas claro, para as duas propostas é necessário estudos de viabilidade técnica e econômica.

Para a Linha C, analisar a capacidade produtiva das máquinas permitiu perceber que a linha tem oportunidade aumento de produtividade sem investimento em novas máquinas e equipamento e com grande impacto. Nesse caso, é interessante continuar em busca desse limitante, uma vez que as produções atuais nos equipamentos não estão sendo utilizados na sua capacidade.

Para isso, é necessário analisar além de produção, mas também a disponibilidade das máquinas, a sua performance e a qualidade da produção, que pode impactar no não alcance dos limites da prensa e secador.

### **6.3.1 Resultado análise OEE**

Não é somente a capacidade produtiva que dita a produção, existem diversos fatores externos que podem influenciar. Na busca de investigar um pouco mais a média atual de produção da Linha C, será calculado o OEE para entender se esse limite pode estar ligado a eficiência global do equipamento. A análise se restringe também ao equipamento do forno, que é o mais crítico.

A análise do OEE corresponde aos meses de julho de 2022 a dezembro de 2022 da Linha C de produção, considerando os dois formatos existentes nela, o 80X80 e o 100X100.

Como abordado nas referências teóricas, temos como disponibilidade:

$$D = \text{tempo em produção} / \text{tempo programado}$$

Com o levantamento dos dados, tem-se a Tabela 13, que apresenta a média das horas trabalhadas por dia – na qual foram desconsideradas paradas programadas, paradas

não programadas e tempo do equipamento vazio -, as horas programadas – a fábrica funciona 24 horas por dia – e a disponibilidade, conforme o cálculo apresentado acima.

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
tempo em produção (h)	22,72	21,80	21,96	22,08	21,86	22,07	22,06
h programadas (h)	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00
<b>DISPONIBILIDADE</b>	<b>94,7%</b>	<b>90,8%</b>	<b>91,5%</b>	<b>92,0%</b>	<b>91,1%</b>	<b>92,0%</b>	<b>91,9%</b>

Tabela 13: Resultado disponibilidade

Como performance, tem-se:

$$P = \text{quantidade de produtos produzidos} / \text{quantidade de produtos esperados}$$

A quantidade de produtos produzidos, a quantidade de produtos esperados – volume acumulado no mês - e a performance estão apresentadas na Tabela 14.

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
quantidade de produtos produzidos (m²)	331.109	482.648	501.542	356.275	244.123	494.246	2.409.942
quantidade de produtos esperados (m²)	332.773	551.597	537.558	361.334	309.800	558.471	2.651.532
<b>PERFORMANCE</b>	<b>99,5%</b>	<b>87,5%</b>	<b>93,3%</b>	<b>98,6%</b>	<b>78,8%</b>	<b>88,5%</b>	<b>90,9%</b>

Tabela 14: Resultado performance

A quantidade de volume esperado, ao longo dos meses, sofre variação pois a Linha C produz dois formatos com média de produção diária diferente. Os meses que apresentam menor produção, como julho e novembro estavam produzindo o 100X100 que possui produção por dia menor. Nos meses de agosto, setembro e dezembro, o formato em produção é o 80X80 que possui maior produção diária. No mês de outubro teve produção dos dois formatos, 5 dias do formato 80X80 e 26 dias do formato 100X100.

A qualidade corresponde a:

$$Q = \frac{\text{quantidade de produtos com qualidade especificada}}{\text{quantidade de produtos produzidos}}$$

Logo, ao levantar os dados de horas totalmente produtiva, obteve-se a qualidade demonstrada na Tabela 15.

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
quantidade de produtos com qualidade (m²)	299.654	443.553	466.434	327.773	214.340	462.120	2.213.873
quantidade de produtos produzidos (m²)	331.109	482.648	501.542	356.275	244.123	494.246	2.409.942
<b>QUALIDADE</b>	<b>90,5%</b>	<b>91,9%</b>	<b>93,0%</b>	<b>92,0%</b>	<b>87,8%</b>	<b>93,5%</b>	<b>91,9%</b>

Tabela 15: Resultado qualidade

Resumindo as três informações – disponibilidade, performance e qualidade – temos o Gráfico 2.



Gráfico 2: Comparação fatores OEE

Como,

$$OEE = D * P * Q$$

Tem-se, na Tabela 16 o resultado do OEE mensal e total.

	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Disponibilidade	94,7%	90,8%	91,5%	92,0%	91,1%	92,0%	91,9%
Performance	99,5%	87,5%	93,3%	98,6%	78,8%	88,5%	90,9%
Qualidade	90,5%	91,9%	93,0%	92,0%	87,8%	93,5%	91,9%
<b>OEE</b>	<b>85,2%</b>	<b>73,0%</b>	<b>79,4%</b>	<b>83,4%</b>	<b>63,0%</b>	<b>76,1%</b>	<b>76,7%</b>

Tabela 16: Resultado OEE

O resultado do OEE está apresentado no Gráfico 3, para melhorar a visualização.

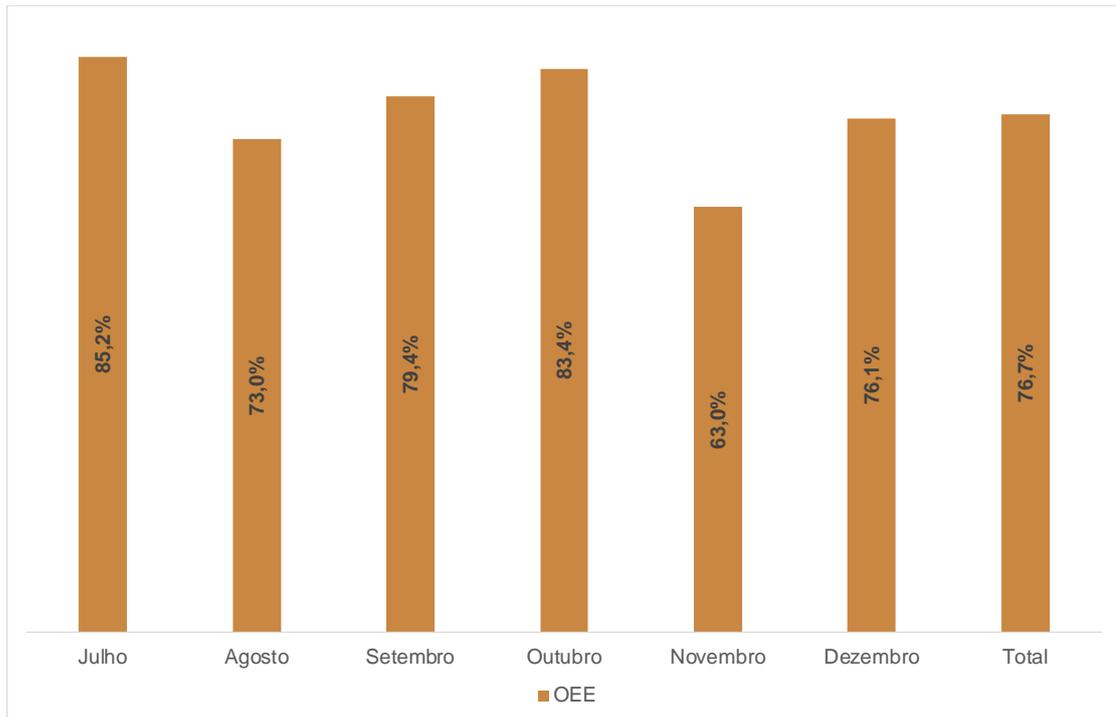


Gráfico 3: Resultado OEE

Um OEE bom é maior que 85%. Percebe-se nos resultados apresentados acima que o OEE geral da Linha C é de 76,7%. O que permite concluir que há oportunidades de aumento de produção em relação a eficiência dos equipamentos.

Analisando o Gráfico 3, percebe-se que no mês de novembro o resultado foi bem menor comparado aos outros meses. Observando no Gráfico 2, no mês de novembro, é possível afirmar que esse resultado baixo está ligado a performance do mês. Por conta disso, foi realizado uma investigação na possível causa da baixa performance desse mês.

Foi identificado os motivos que impactaram na performance. No mês de outubro estava em produção somente o formato 100X100. Nos 10 primeiros dias do mês o formato apresentou um índice elevado de quebra de placas. Essas placas quebradas são produzidas, mas retornam para o processo de preparação de massa para serem reaproveitadas. Porém elas não são contabilizadas como produtos produzidos. Essa quebra foi o primeiro motivo que impactou a performance.

A fim de reduzir a quebra foi realizado ajustes na prensa e na linha de esmaltação que teve como resultado a redução da quebra. Em contrapartida, esses ajustes impactaram na qualidade do produto. Observando o Gráfico 2, é possível perceber

que a qualidade também apresenta um resultado inferior comparado aos outros meses. Assim que foi identificado o problema com qualidade, foi aumentado o ciclo do forno para assegurar a qualidade. Porém quanto maior o ciclo do forno, menor é a velocidade da linha, colaborando ainda mais para o resultado baixo de performance. No mês de dezembro o formato saiu de produção, dando espaço ao 80X80.

Com essas análises e investigações, é possível perceber que a empresa possui uma oportunidade grande em quebras de produtos. Logo, deve-se ser analisado a causa raiz das quebras, o que influencia e realizar um plano de ação para minimizar essas quebras.

A disponibilidade e qualidade apresentam-se mais constantes no gráfico, ademais também precisam ser trabalhadas. É importante a empresa acompanhar sempre o tempo de paradas planejadas, de paradas não planejadas e principalmente de folga no equipamento, para garantir um índice maior de disponibilidade. Também é relevante focar na qualidade do produto, pois é um índice que, além de tornar o processo mais eficiente, também reduz custos.

Logo, percebe-se que há diversas oportunidades em trabalhar no OEE e aumentar o seu índice. E isso significa não só aumentar o índice do OEE, mas também a produção, que é o objetivo deste trabalho.

Então, para a Linha C, que produz 19.000 m<sup>2</sup>/dia do formato 80X80 e 11.000 m<sup>2</sup>/dia do 100X100, através de trabalhos focados no OEE, sem investimento, será possível aumentar do formato 80X80 2.700 m<sup>2</sup>/dia e do 100X100 2.000 m<sup>2</sup>/dia, com um ganho mensal de 400 mil reais, atingindo a capacidade produtiva da restrição que é a prensa e o secador. Tendo como resultado a linha trabalhando na sua capacidade de produção, tendo como gargalo a prensa e o secador e ainda apresentando oportunidade de tornar o forno o gargalo, caso seja investido em novos equipamentos.

## **7. CONCLUSÃO**

O cálculo da capacidade produtiva permitiu perceber possíveis oportunidades nas linhas de produção de uma indústria de porcelanato, tendo alcançado o objetivo do trabalho. Como mostrado, os principais gargalos produtivos foram os fornos das Linhas A e B e a prensa e secador da Linha C.

Por meio do estudo de gargalo, foi possível analisar e enxergar a produção de modo diferente. As metas de produção sempre são trabalhadas para serem maiores, realizando ajustes de processo e manutenções para melhorias. Apesar de sempre trabalhar para aumentar a produção, não se tinham a definição do quanto cada equipamento separadamente poderia produzir.

A indústria estudada vê como oportunidade ter o forno como o tambor, uma vez que o forno é o equipamento que demanda um grande investimento e carrega um custo elevado para produzir, já que depende de gás natural para operar, e se não houver placas cerâmicas, o gás continua sendo consumido do mesmo modo. Por outro lado, investir em uma prensa, secador e impressora digital é menos custoso, visto que, se esses equipamentos não operarem na sua velocidade máxima, não gera gastos elevados como o do forno.

Ter conhecimento do gargalo permitiu entender que haviam linhas de produção (Linhas A e B) que possuía o forno como gargalo. Para essas linhas, caso haja previsão de aumento da demanda, é mais interessante implementar uma nova linha de produção. Um novo forno, contaria com um alto investimento para pouco aumento de produção, fazendo com que o retorno do investimento seja demorado.

A outra linha (Linha C) produz dois formatos de piso. O formato 80X80 tem, como gargalo a prensa e o secador. Já o formato 100X100 tem como gargalo a prensa. Investir em uma nova prensa e um novo secador aumentaria 532 m<sup>2</sup>/dia no formato 80X80 e 898 m<sup>2</sup>/dia no formato 100X100, representando 225 mil reais por mês, tornando o forno o gargalo. Porém, se analisar a média de produção atual desses formatos, ela se apresenta longe do gargalo de produção. Antes mesmo de pensar em investir em novos equipamentos, é importante trabalhar para que a produção atual seja próxima da produção do gargalo, já que como abordado nos resultados, possui uma oportunidade de 1,2 milhões de reais ao mês.

Por isso, foi possível entender com esse estudo, que ainda há linhas com gargalos de produção que não estão diretamente relacionados com a capacidade produtiva do equipamento.

Por conta disso, foi utilizado o conceito do OEE para analisar a eficiência do equipamento a fim de entender se ela tem uma boa disponibilidade, se está trabalhando na velocidade projetada e se está produzindo produtos com qualidade.

Foi considerado os fatores durante seis meses de produção da Linha C, obtendo um resultado do OEE de 76,7%, o que demonstra um resultado abaixo do esperando, com oportunidades de trabalhar fortemente na performance da linha e na qualidade das placas cerâmicas produzidas.

Trabalhar em quebras de placas cerâmicas no processo, análise de velocidade da linha e na qualidade do produto produzido, trás a oportunidade de elevar o OEE para 85%, como foi praticado no mês de julho, com um ganho mensal de aproximadamente 400 mil reais.

Neste trabalho, foi analisado o processo produtivo da prensagem até a queima. Porém é importante realizar o estudo para todo o processo produtivo, desde a preparação de massa até a embalagem do produto. Por isso, como objetivos de pesquisas futuras, é interessante aplicar os conceitos abordados neste trabalho para as demais etapas do processo a fim de ter uma visão global da empresa.

## 8. REFERÊNCIAS

ANFACER: Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres. Portfolio 2022. São Paulo. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/>. Acesso em 5 de novembro de 2022.

BRITO, Jorge Ferreira. Produção de grês porcelanato a partir de matérias-primas do estado da Bahia. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15587>. Acesso em 02 de Novembro de 2022.

BUENO, Simone Rodrigues. Aumento da eficiência global dos equipamentos (OEE) de uma linha de envase de maquiagem de uma indústria de cosméticos. 2020.

BUZZI, Elisete Maria Buzzi; RIBEIRO, Mariana Emidio Oliveira Ribeiro; CARLESSO, Roniebrson Carlesso. A Teoria das Restrições na identificação de gargalos no setor produtivo: a indústria uniformes 1000 cores. Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta, v. 2, n. 2, 2013. Disponível em: [http://www.ienomat.com.br/revistas/refaf\\_arquivos/journals/1/articles/107/public/107-345-1-PB.pdf](http://www.ienomat.com.br/revistas/refaf_arquivos/journals/1/articles/107/public/107-345-1-PB.pdf). Acesso em 02 de Novembro de 2023.

CHIAVENATO, I. Gestão da Produção: Uma Abordagem Introdutória. Barueri, SP. Grupo GEN, 2022. 978655772865. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559772865/>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

COX III, James F., SPENCER, Michael S., trad. Fernanda Kohmann Dietrich. Manual da teoria das restrições. Rio Grande do Sul: Bookmann, reimp. 2008.

DA PURIFICAÇÃO, Eduardo Bruno. Estudo do uso de agregados reciclados de concreto e substituição do cimento por resíduo de polimento de porcelanato na produção de piso intertravado de concreto. 2009.

DA SILVA, Eduardo Robini et al. Caracterização das Pesquisas de Teses em Administração com Abordagem Qualitativa. Revista de Administração de Roraima - RARR, v. 6, n. 1, p. 204 - 223, 2016.

DA SILVA, José Pedro Amorim Rodrigues. OOE - A forma de medir a eficácia dos equipamentos. Sites J. 20Th Century Contemp. French Stud., P. 1-15, 2013.

DENNIS, Pascal. Produção Lean Simplificada. Ufes: Grupo A, 2011. E-book. ISBN 9788577802913. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577802913/>. Acesso em 29 de janeiro de 2023.

DE OLIVEIRA, Luciano Valente et al. Utilização do conceito de gargalos em uma linha de produção-uma análise da interpretação do conceito. 2015.

FERRARESI, Alex Antonio. Gestão do conhecimento, orientação para o mercado, inovatividade e resultados organizacionais: um estudo em empresas instaladas no Brasil. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, Leonardo. Gestão da produção. Londrina: Editoria e Distribuidora Educacional S.A., 2016.

GREGÓRIO, G.F.P.; SANTOS, D.F.; PRATA, A.B. Engenharia de manutenção. Porto Alegre, SAGAH: Grupo A, 2018. 9788595025493. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025493/>. Acesso em: 23 de Outubro de 2022.

LOPES, Charlie Hudson Tourette. Administração da Produção. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2021.

LOPES, João V. N. L., GALDINO, Derycly D. E., DE SOUZA, Mayane D. V., MARQUES, Amanda B., TRIGUEIRO, Saulo V. R. Aplicação da teoria das restrições: um estudo de caso em uma empresa de produção de blocos e molduras de gesso. In: XXXVII ENEGEP Joinville, SC, Brasil, 2017. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_238\\_378\\_34635.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_238_378_34635.pdf). Acesso em 02 de Novembro de 2022.

KOERICH, Magda Santos. BACKES, Dirce Stein. SOUZA, Francisca Georgina Macêdo de. ERDMANN, Alacoque Lorenzini. ALBURQUEQUE, Gelson Luiz. Pesquisa-ação: ferramenta metodológica para a pesquisa qualitativa. Revista Eletrônica Enfermagem, v. 11, n. 3, 2009.

MARINELLI, Igor. OEE: o que é, significado e como calcular esse indicador. Tractian, 2021. Disponível em: <<https://tractian.com/blog/oeo>>. Acesso em 04 de fevereiro de 2023.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989.

OLIVEIRA, Antonio Pedro Novaes de; HOTZA, Dachamir. Tecnologia de fabricação de revestimentos cerâmicos. Editora da UFSC, 2015.

PACHECO, Diego Augusto et al. Modelo de gerenciamento da capacidade produtiva: integrando teoria das restrições e o índice de rendimento operacional global (IROG). Revista Produção Online, v. 12, n. 3, p. 806-826, 2012.

PARANHOS FILHO, M. Gestão da Produção Industrial. Curitiba: Ibpex, 2007.  
ANTUNES, Junico et al. Sistemas de produção. Rio Grande do Sul: Bookman.

PESSOA, Pedro F. A. P.; CABRAL, José E. O. Identificação e análise de gargalos produtivos: impactos potenciais sobre a rentabilidade empresarial. In: XXV ENEGEP Porto Alegre, RS, Brasil, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267039952\\_Identificacao\\_e\\_analise\\_de\\_gargalos\\_produtivos\\_impactos\\_potenciais\\_sobre\\_a\\_rentabilidade\\_empresarial](https://www.researchgate.net/publication/267039952_Identificacao_e_analise_de_gargalos_produtivos_impactos_potenciais_sobre_a_rentabilidade_empresarial). Acesso em 23 de outubro de 2023.

PINHEIRO, Andréa Santos. Produção de grês porcelanato a partir de matérias-primas do Rio Grande do Norte e queima a gás natural. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, Marcos de Moraes; CASSETARI, Eder Costa; ONOFRIO, Luis Gustavo Bessa. Projeto Lean 6 Sigma com DMAICR para Redução de Perdas de Processo. Journal of Lean Systems, 2021, Vol. 6, n. 2, pp 26-63. 2021.

THIOLLENT, Michel. Metodologia da pesquisa-ação. Cortez editora, 2022.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Educação e pesquisa. v.31, p. 443-446, 2005.

WAINER, Jacques et al. Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a Ciência da Computação. Atualização em informática. v. 1, n. 221 - 262, p. 32 - 33, 2007.