

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

MARIANA PORTO MORATELLI

METODOLOGIA *FRONT END LOADING* (FEL) APLICADA  
EM UMA DESTILARIA DE ETANOL

ITUIUTABA

2023

MARIANA PORTO MORATELLI

METODOLOGIA *FRONT END LOADING* (FEL) APLICADA  
EM UMA DESTILARIA DE ETANOL

Trabalho de Conclusão de Curso, como  
requisito parcial para obtenção do título de  
bacharel em Engenharia de Produção,  
Universidade Federal de Uberlândia- UFU  
Orientador: Luís Fernando Magnanini de  
Almeida

ITUIUTABA

2023

METODOLOGIA *FRONT END LOADING* (FEL) APLICADA  
EM UMA DESTILARIA DE ETANOL

Trabalho de Conclusão de Curso,  
como requisito parcial para obtenção  
do título de bacharel em Engenharia  
de Produção, Universidade Federal  
de Uberlândia- UFU

Orientador: Luís Fernando  
Magnanini de Almeida

Ituiutaba, 19 de janeiro de 2023

Banca Examinadora:

---

Luís Fernando Magnanini de Almeida (orientador), UFU

---

Gleyzer Martins, UFU

---

Marcus Vinícius Ribeiro Machado, UFU

## **DEDICATÓRIA**

À minha família, namorado e amigos por  
todo apoio e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família por todo amor e carinho durante essa caminhada, todo esforço e dedicação valeram a pena e sem eles nada disso seria possível. Em todos os momentos de dificuldades e incertezas, sempre estiveram presentes, cuidando e auxiliando em todos os sentidos.

Ao meu namorado Pedro Felipe que tive o prazer em conhecer e compartilhar momentos especiais, ao meu amigo Leonardo por todo apoio e companheirismo durante a escola e faculdade, as minhas companheiras de casa Beatriz e Mila por todo aprendizado durante esses anos e a todos meus companheiros de sala.

A Associação Atlética Acadêmica Engenharias do Pontal pelo amadurecimento e crescimento pessoal, e principalmente pelos amigos que conheci e se fazem presentes.

Aos professores, que se dedicam e nos ajudam com todo conhecimento, em especial ao meu Orientador Luís Fernando por toda paciência e ensinamentos.

Por fim, agradecer a Deus por esses anos de aprendizados e vivências eternizadas em minha memória.

## EPÍGRAFE

“O que vale na vida não é o ponto de partida  
e sim a caminhada. Caminhando e  
semeando, no fim, terás o que colher.”

(Cora Coralina)

## RESUMO

Um projeto deve ser planejado com coerência e excelência, evitando problemas financeiros, de gerenciamento e técnicos. Para isso, umas das metodologias utilizadas por empresas é o *Front-End Loading* (FEL), proposta pelo *Independent Project Analysis* (IPA), para fazer o pré-planejamento de um projeto, evitando riscos, minimizando custos e analisando sua viabilidade. Essa metodologia é dividida entre três fases denominadas FEL 1, FEL 2 e FEL 3, sendo separadas por portões de tomada de decisão na continuação de um projeto. O trabalho proposto teve como objetivo analisar dois projetos com objetivo de aumentar sua capacidade de produção no qual foram aplicados o FEL em uma destilaria de etanol, localizada no Estado de Goiás, por meio do estudo de caso. O primeiro projeto propunha aumentar a produção por meio da implantação de uma segunda linha de moenda, e o segundo, por meio do desgargalamento em sua produção. Como principais resultados, destacam-se que a metodologia FEL ajudou na tomada de decisões, com um projeto avançando e outro sendo cancelado. Também, verificou-se a importância dos documentos gerados durante o pré-planejamento para subsidiar o planejamento futuro.

**Palavras-chave:** Gestão de Projetos, Metodologia FEL, Iniciação, Combustíveis.

## **ABSTRACT**

A project must be planned with coherence and excellence, avoiding financial, management and technical problems. In order to, one of the methodologies used by companies is the Front-End Loading (FEL) methodology, proposed by Independent Project Analysis (IPA), that is used to pre-plan a project, avoid risks, minimizing costs and analyze the feasibility. This methodology has three stages known as FEL 1, FEL 2 and FEL 3, being separated by decision-making gates to know if the project must go on. The work aimed to analyze two projects which has had to increase their production capacity by applying the FEL in an ethanol distillery, located in the State of Goiás, through to case study. As main results, it is highlighted that the FEL methodology helped in decision-making, with one project moving forward and another being canceled. Also, was verified the importance of documents generated during pre-planning to support future planning.

**Keywords:** Project Management, FEL Methodology, Initiation, Fuels

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Grupos de processos de gerenciamento de projetos .....	17
<b>Figura 2.</b> Interação entre os grupos de processos .....	18
<b>Figura 3.</b> Metodologia FEL .....	20
<b>Figura 4.</b> Processo de Validação dos Portões .....	22
<b>Figura 5.</b> Processo de produção Etanol Hidratado .....	23
<b>Figura 6.</b> Tamanho de Moenda.....	32
<b>Figura 7.</b> Índice de um relatório final de projeto.....	33
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Processo .....	34
<b>Figura 9.</b> Fluxograma Preparo de Polímero para Tratamento de Caldo.....	36
<b>Figura 10.</b> Lista de equipamentos.....	37
<b>Figura 11.</b> Vantagens e Desvantagens.....	38
<b>Figura 12.</b> Layout opção A (esquerda) e B (direita).....	38
<b>Figura 13.</b> Lista de cargas elétricas .....	39
<b>Figura 14.</b> Diagrama unifilar .....	40
<b>Figura 15.</b> Simbologia .....	40
<b>Figura 16.</b> Sistema ISA .....	41

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Comparativo safra.....	27
<b>Tabela 2.</b> Lista de documentos FEL .....	42
<b>Tabela 3.</b> Comparativo dos projetos .....	43
<b>Tabela 4.</b> Planilha de custos projeto FEL 2 .....	44
<b>Tabela 5.</b> Planilha de custos projeto FEL 3 .....	44

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivos de pesquisa .....	14
1.1.1	Objetivo geral.....	14
1.1.2	Objetivos específicos.....	14
1.2	Justificativa.....	14
1.3	Delimitação do trabalho.....	14
1.4	Estrutura do trabalho .....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	15
2.1	Gestão de Projetos .....	15
2.1.2	Documentos de gestão de projetos .....	18
2.2	Metodologia <i>Front End Loading</i> (FEL) .....	19
2.2.1	FEL 1- Identificação da Oportunidade .....	20
2.2.2	FEL 2- Engenharia Conceitual .....	20
2.2.3	FEL 3- Engenharia Básica.....	21
2.3	Destilaria de Etanol .....	22
2.3.1	Processos de uma destilaria autônoma.....	23
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	Caracterização da pesquisa.....	24
3.2	Técnicas de coletas de dados.....	25
3.3	Técnicas de análise de dados .....	25
3.4	Procedimentos metodológicos - Etapas .....	26
4	RESULTADOS .....	26
4.1	Caracterização da empresa .....	26
4.2	Entrevista sobre os estudos de caso .....	27
4.2.1	Entrevista 1 .....	28
4.2.2	Entrevista 2 .....	30

4.3 Documentos FEL.....	31
4.3.1 Documentos gestão.....	31
4.3.1 Documentos processos .....	34
4.3.2 Documentos mecânica.....	37
4.3.3 Documentos civil.....	38
4.3.4 Documentos elétrica.....	39
4.3.5 Documentos automação .....	41
4.4 Comparativo dos projetos.....	43
5 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS .....	48

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o PMBOK 7ª Edição, um projeto tem como objetivo criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Todo projeto tem um objetivo a ser alcançado, sendo assim, seu término é concluído com sucesso, ou então é interrompido pois, não é possível concluí-lo com êxito (PMI, 2021).

Para que um projeto seja feito da melhor forma possível é feito seu gerenciamento aplicando os conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas para atender suas necessidades (PMI, 2021).

Uma das metodologias utilizadas por grandes empresas para a gestão de projetos é a metodologia *Front End Loading* (FEL) idealizada pelo *Independent Project Analysis* (IPA). Seu objetivo é fazer um estudo de pré-planejamento para identificar e controlar os riscos, tomadas de decisões e potencializar o sucesso do projeto mantendo o equilíbrio social, econômico e ambiental (MOTTA, 2011).

Ainda segundo Motta (2011), as tomadas de decisões que são feitas antes do projeto são necessárias para que possíveis problemas sejam identificados e não afetem o seu desenvolvimento.

Essa metodologia é dividida em três etapas: FEL 1- Análise do negócio; FEL 2- Seleção e desenvolvimento do Escopo e FEL 3- Planejamento e execução. De acordo com Ferreira (2011), ela visa o melhor entendimento do projeto, garantindo a minimização de mudanças durante sua execução. Sendo assim, para que um projeto seja concluído com êxito, o pré-planejamento é importante visando sempre o controle de riscos, tempo e custos.

Este trabalho ocorreu dentro de uma Destilaria de Etanol, localizada no estado de Goiás, e estuda dois projetos que utilizaram a metodologia FEL. O primeiro trata-se de um estudo de desgargalo e o segundo uma implantação de uma segunda linha de moenda. É feito um estudo de caso, de modo a verificar como a metodologia FEL foi usada para analisar a viabilidade desses projetos, visando explicitar os riscos e custos.

## **1.1 Objetivos de pesquisa**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo desse estudo é realizar um estudo de caso sobre o uso da metodologia FEL em dois projetos dentro de uma destilaria de etanol, a fim de verificar a viabilidade desses projetos.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- i. Estudar a utilização da metodologia FEL- *Front End Loading*
- ii. Fazer o desgargalo da Destilaria de Etanol
- iii. Analisar uma possível implantação de uma segunda linha de moagem

## **1.2 Justificativa**

A justificativa acadêmica para esse estudo se deve a importância que a metodologia FEL tem dentro da gestão de projetos, pois com ela é possível fazer análises para viabilizar seus custos, riscos e tomadas de decisões. Sendo assim, a contribuição acadêmica é aumentar o rol de estudos de casos na literatura sobre o uso dessa metodologia, com base em dois casos contrastantes.

Já a justificativa empresarial do estudo revista dois projetos passados, buscando analisar a aplicação do FEL, de modo a evidenciar seus benefícios e limitações, e permitir a melhoria contínua na aplicação desse método e sua adequação à realidade da empresa estudada.

## **1.3 Delimitação do trabalho**

A empresa de engenharia fez um estudo utilizando a metodologia FEL para uma Destilaria de Etanol localizada no estado de Goiás, cuja a mesma gostaria de ampliar sua capacidade industrial. Atualmente a destilaria produz em sua moagem 970 t/h e gostaria de ampliar para 1180 t/h, com a aplicação do FEL pode-se definir se eles serão viáveis,

se restringindo apenas a esse recorte de pesquisa. Foram considerados apenas os projetos e contexto da empresa estudada.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

O trabalho está estruturado em cinco capítulos: introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados e conclusão.

O primeiro capítulo aborda a caracterização da área de estudo, a metodologia que será utilizada, a justificativa de escolha e a problemática a ser resolvida.

O segundo capítulo se refere a fundamentação teórica que seria a base no qual o trabalho foi fundamentado. Para esse capítulo foi desenvolvido uma explicativa sobre a gestão de projetos, metodologia FEL e destilaria de etanol.

No terceiro capítulo foi designado quais métodos foram abordados no trabalho.

Já o quarto capítulo, foi abordado os resultados obtidos através do auxílio da metodologia implementada e analisado com cautela para que a tomada de decisão seja feita corretamente.

E por fim, no quinto capítulo tem-se a conclusão do trabalho realizado para definição do possível avanço no projeto executivo da ampliação da destilaria de etanol.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Gestão de Projetos**

O gerenciamento de projetos tem como objetivo aplicar os conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas à um projeto para que seja concluído de acordo com sua demanda. Os resultados podem ser obtidos através de abordagens preditiva, híbrida e adaptativa (PMI, 2021).

Para o PMI (2021), existe um código de ética e conduta profissional e ele é baseado em quatro valores que são importantes na comunidade de gestão de projetos, sendo esses:

- Responsabilidade,
- Respeito,

- Justiça, e
- Honestidade.

Esses valores estão interligados com os 12 princípios do gerenciamento de projetos, eles não possuem o mesmo formato, mas são complementares. Esses princípios estão listados como frases, pois não possuem uma definição concreta ou ordem (PMBOK, 2021).

Seguem os 12 princípios abaixo:

- Ser um administrador diligente, respeitoso e cuidadoso,
- Criar um ambiente de equipe para o projeto,
- Ter um envolvimento com os *Stakeholders*,
- Focar nos valores,
- Reconhecer, avaliar e responder às interações do sistema,
- Ter comportamentos de liderança,
- Se adaptar ao contexto,
- Construir qualidade em processos e entregas,
- Complexidade de navegação,
- Otimizar as respostas aos riscos,
- Ser adaptável e resiliente, e
- Estar disposto a mudar para o futuro.

Segundo Kerzner (2017), é importante a definição de uma metodologia de gestão de projetos para que a excelência seja sempre frequente. Isso deve-se, pois, além de gerenciar um projeto também é feito o gerenciamento do negócio, ou seja, os gerentes buscam o êxito para que além do projeto ocorrer bem, também tenham sucesso em seu negócio.

De acordo com o GUIA PMBOK (2017), o gerenciamento de projetos, geralmente, é dividido em 5 grupos.

O grupo da Iniciação é definido um novo projeto, no qual o escopo inicial é feito, quais recursos financeiros serão utilizados e a autorização do projeto visando suas expectativas e seus interesses.

Para o grupo de Planejamento é estruturado o plano de gerenciamento de como será o projeto, sendo esse uma referência para alinhar os objetivos a serem concluídos

durante todo o processo. Nesse grupo são definidos os documentos do escopo, tempo, qualidade, comunicações, recursos humanos, riscos, aquisições e gerenciamento das partes interessadas.

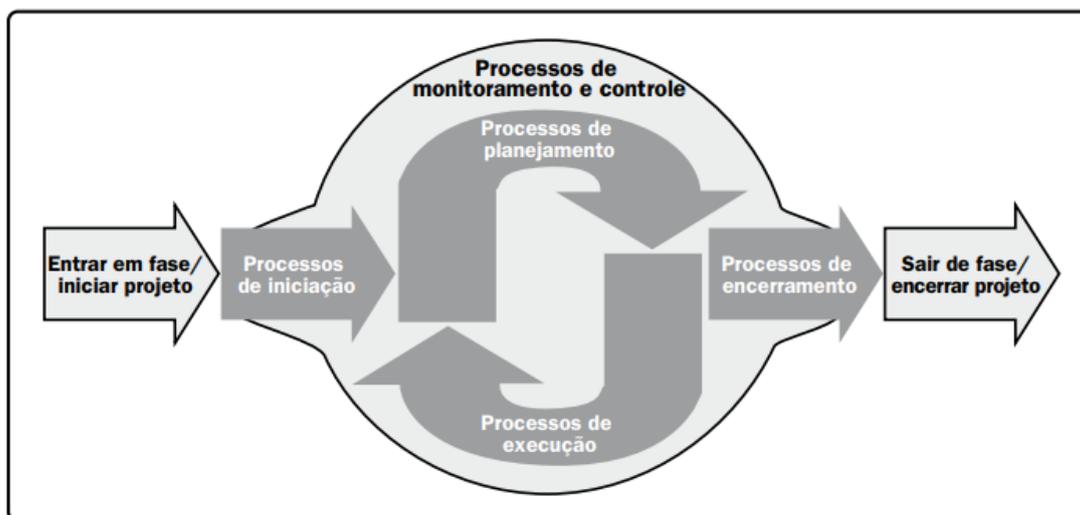
A respeito do grupo de Execução, é colocado em prática tudo que foi definido anteriormente garantindo os requisitos estabelecidos, pois o mesmo demanda boa parte do tempo, orçamento e recursos.

Já o grupo de Monitoramento e Controle tem como objetivo medir e analisar o andamento do projeto de forma regular e identificar se está de acordo com o previsto pelo plano. Caso seja necessário, ações corretivas devem ser tomadas para que não ocorra problemas futuros e não comprometa o projeto.

E por fim, o grupo de Encerramento é onde todas as fases do projeto são concluídas formalmente, assim é possível dizer que o projeto foi finalizado com ou sem sucesso, sendo esse podendo ter justificativas do porque não foi concluído. Nessa fase ocorrem revisões, documentações e avaliações de todo o projeto. (PMBOK, 2017)

Esses grupos são importantes pois, ajudam no processo e ampliam os conhecimentos e habilidades necessárias para o gerenciamento do projeto. A partir da Figura 1 mostra a interação que esses processos individuais têm entre si, onde o processo de monitoramento e controle ocorre ao mesmo tempo que os grupos de iniciação, planejamento, execução e encerramento.

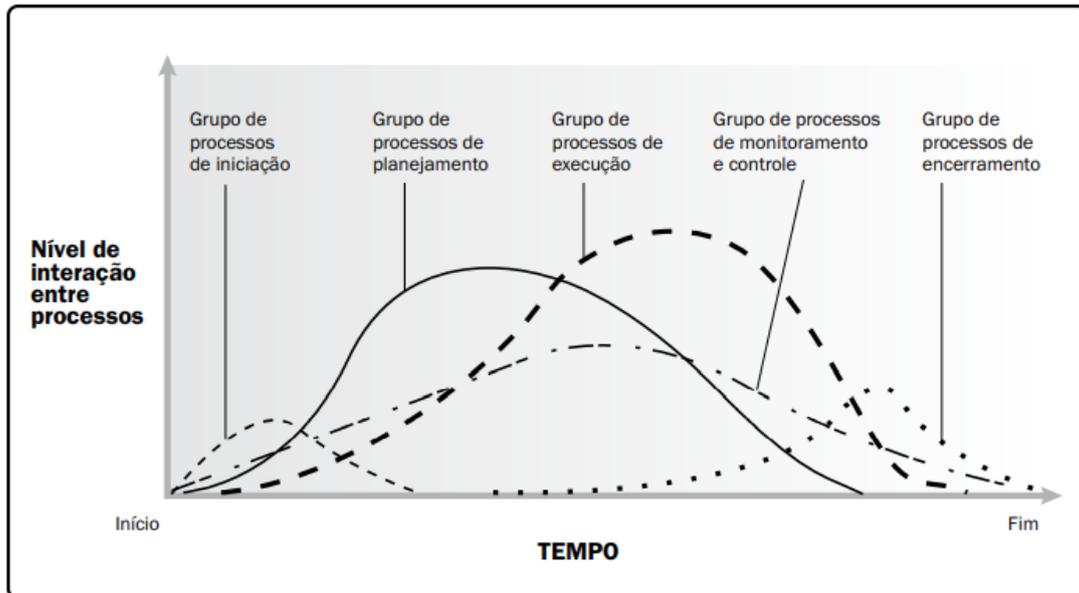
**Figura 1.** Grupos de processos de gerenciamento de projetos



**Fonte:** Adaptado Guia PMBOK (2013)

Já na Figura 2 ilustra a interação dos grupos e a sobreposição em diversos casos. Esses processos ocorrem diversas vezes durante o projeto, a saída de um processo é o início de outro.

**Figura 2.** Interação entre os grupos de processos



**Fonte:** Adaptado Guia PMBOK (2013)

Apesar da 7ª edição do PMBOK ter alterado a visão de grupos de processo padrão para o gerenciamento de projetos vigente até a 6ª edição (2017) (Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle e Encerramento) para uma visão de Princípios e Domínios de Desempenho, o próprio guia ressalta essa abordagem contínua sendo útil para muitas organizações e profissionais. (PMBOK, 2021)

### **2.1.2 Documentos de gestão de projetos**

Serão apresentados alguns documentos e práticas utilizadas nos projetos para realizar a gestão.

Uma reunião de *kickoff* é feita ao início do projeto para que as expectativas se formalizem e tenha um entendimento comum entre as partes interessadas.

Lista Mestra de Produtos (LMP) é essencial para fazer o acompanhamento do projeto, no qual está presente todos os documentos que devem ser entregues, além de ser feito o acompanhamento de acordo com o previsto no cronograma.

O cronograma é feito através de softwares que definem um plano de execução para o projeto, como será feito a divisão de atividades, suas dependências e durações.

Um plano de comunicação descreve quem são os participantes do projeto e como será feito repassado as informações por eles. (PMBOK, 2021)

## **2.2 Metodologia *Front End Loading* (FEL)**

A metodologia *Front End Loading*, mais conhecida como metodologia FEL, têm como objetivo o entendimento do projeto, desde o seu início ao fim, cada detalhe é importante para que a execução do projeto seja feita perfeitamente (FERREIRA, 2011)

Rodrigues (2020) exemplifica o uso dessa metodologia em cadeias de produção que possuem alto capital de investimento, como por exemplo, indústrias de energia, mineração e petroquímica.

Para Merrow (2011), a metodologia é dividida em fases, no qual, é feita uma avaliação visando os aspectos econômicos e técnicos para dar continuidade ao processo de maneira segura.

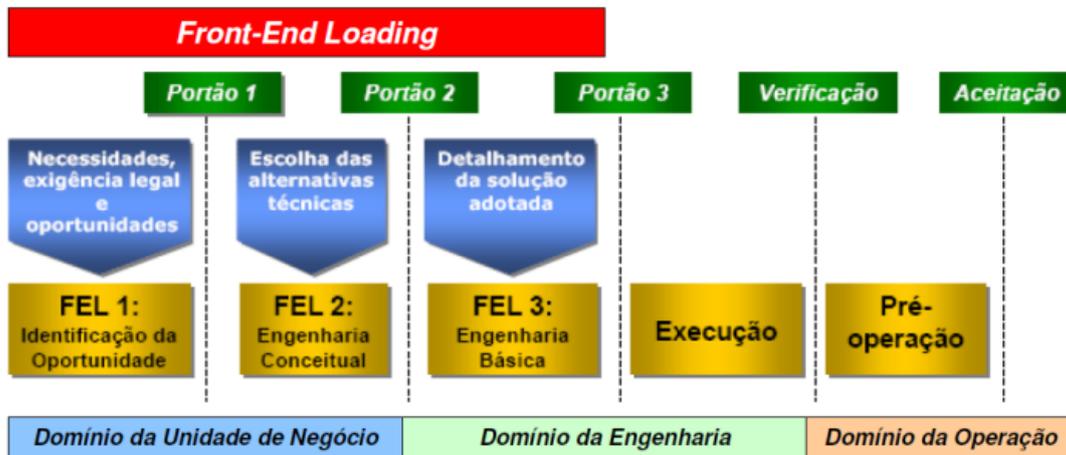
Moraes (2010), diz que essas fases precisam ser validadas no final de cada uma, pois assim, é feita uma avaliação de seu desenvolvimento e pode-se definir se deve ou não continuar para a próxima fase.

Para que essas avaliações sejam feitas corretamente são utilizados documentos de engenharia que ajudam no gerenciamento técnico. Como exemplo, temos os diagramas de fluxos de processos, desenhos e plantas e relatórios técnicos. (BARBOSA, 2013).

Pode-se então falar que a metodologia FEL é dividida em 3 fases, nas quais Romero (2010), defini como:

- FEL 1: estudo de viabilidade técnica e econômica, identificação da oportunidade;
- FEL 2: definição do escopo e como será realizado, engenharia conceitual;  
e
- FEL 3: engenharia básica.

**Figura 3. Metodologia FEL**



**Fonte:** Ferreira (2018)

### **2.2.1 FEL 1- Identificação da Oportunidade**

De acordo com Merrow (2011), os objetivos do FEL 1 são validar as oportunidades comerciais e fazer análises de como seguir para as fases seguintes, utilizando previsões de mercados, estimativas de custos e estudos técnicos.

Além disso, o escopo é definido e deve-se estabelecer uma estimativa a ser gasta durante todo o projeto, são feitos cálculos utilizando indicadores de viabilidade, como por exemplo: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente do Investimento (VPI), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* Descontado (BARBOSA, 2013). Também é prevista uma faixa de variação de custo de -25% e +40%, pois como o projeto está no início podem ocorrer várias mudanças (MORAES, 2010)

Ainda de acordo com Barbosa (2013), nesta fase a equipe deve entregar: os objetivos do projeto para o negócio, escopo inicial, definir o time, as previsões de mercado, estudos competitivos e alternativos, alinhamento estratégico e as estimativas de gastos iniciais.

### **2.2.2 FEL 2- Engenharia Conceitual**

Nesta fase, Merrow (2011) diz ser a mais importante de todo o projeto, pois é nela que desenvolve o escopo realizado no FEL 1, articulando e dando mais segurança.

O principal objetivo dessa fase está em desenvolver a engenharia conceitual de tudo que foi feito no FEL 1, com os estudos financeiros deve-se definir como seguir a diante para a próxima fase. Com isso, após essa definição a equipe deve fazer um *briefing* do projeto prevendo uma variação de custos entre -15% e +25% e selecionar o *Value Improving Practices* (VIP) na engenharia básica do projeto. (BARBOSA, 2013).

O FEL 2 é decisivo para o projeto seguir adiante, pois é nessa fase que o retorno financeiro é definido, se não apresentar VPL menor que zero, o projeto será cancelado.

Barbosa (2013) conclui então que nesta fase os entregáveis são: análise dos riscos, segurança, financeira e econômica, execução do cronograma, localização e layout do empreendimento, estimativa do custo, escopo preliminar e engenharia conceitual.

### **2.2.3 FEL 3- Engenharia Básica**

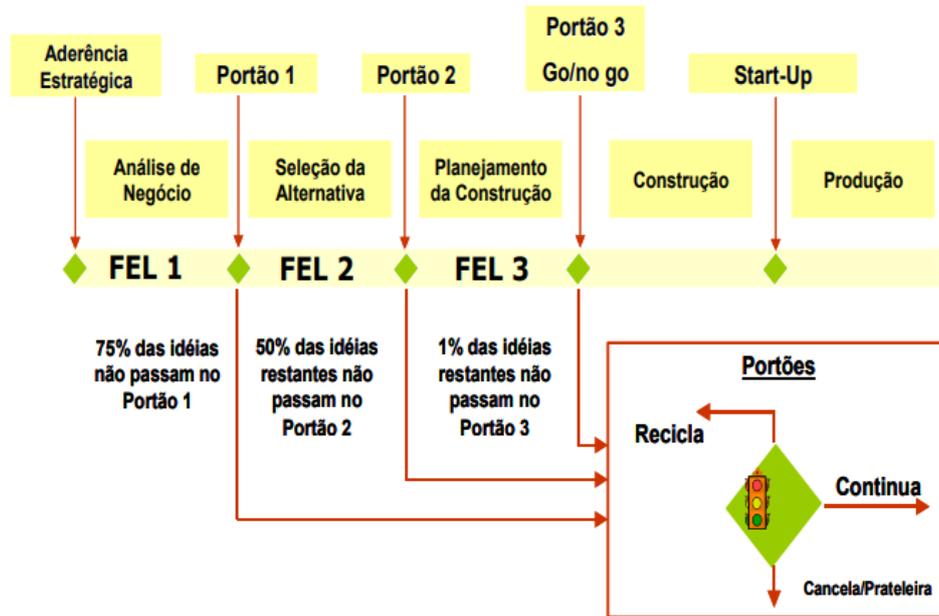
No FEL 3 tem-se o objetivo de desenvolver o projeto básico e planejar a fase de execução, para isso é feito o planejamento completo do projeto reduzindo qualquer incerteza que tenha em pendência. (FERREIRA, 2011).

Nesta fase o projeto tende a reunir de informações mais precisas e completas para que a tomada decisão pela direção seja mais assertiva, podendo se tornar executivo. É o momento em que o escopo não sofre mudanças, a engenharia selecionada é detalhada e a variação dos custos diminui o intervalo para -10% e +10%. (BARBOSA, 2013).

Então para essa fase os entregáveis são: plano de compras, escopo detalhado, cronograma, escopo finalizado e especificações técnicas de todos equipamentos.

Na Figura 4, é possível ver uma breve demonstração das 3 fases do FEL e como os portões são importantes para que as tomadas de decisões sejam feitas.

**Figura 4.** Processo de Validação dos Portões



**Fonte:** Adaptado Moraes (2010)

### 2.3 Destilaria de Etanol

Atualmente, o Brasil possui 422 usinas de açúcar e etanol, o estado de São Paulo possui o maior número de usinas operando, sendo 173 unidades (NOVA CANA, 2022). Em 2020, o número de usinas operando em São Paulo era de 224, mas devido a pandemia várias fecharam pois, não conseguiram manter sua estabilidade financeira (THEODORO, 2020).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) (2022), o Brasil deve produzir 596,1 milhões de toneladas de cana de açúcar na safra de 2022/23, um aumento de 1,9% em relação à safra de 2021/22.

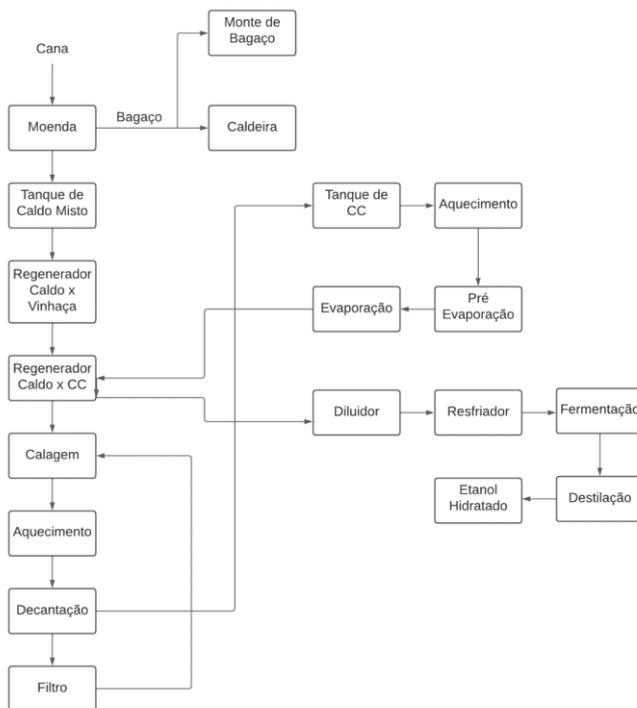
As indústrias de etanol podem produzir dois tipos de produtos, sendo eles, etanol hidratado e etanol anidro. O hidratado é aquele comercializado nos postos de gasolina, possui 95,1 a 96% de pureza e o anidro é aquele misturado à gasolina, que também está presente em bebidas alcoólicas e produtos de limpeza, possui 99 a 99,5% de pureza (THEODORO, 2020).

### 2.3.1 Processos de uma destilaria autônoma

As destilarias são divididas em 3 categorias: anexas, autônomas e de açúcar. Neste caso será estudada apenas a autônoma, que seria uma usina que produz somente etanol.

Na Figura 5 é vê-se como é seu processo de produção para chegar no etanol hidratado.

**Figura 5.** Processo de produção Etanol Hidratado



**Fonte:** Acervo Pessoal

De acordo com a Nova Cana (2020), a cana de açúcar ao chegar na usina passa por um processo de limpeza e preparo para extração do caldo. Essa extração é feita a partir de moendas, onde a cana ao passar pelos dois rolos e uma pressão pré-estabelecida produz o caldo e o bagaço. Esse equipamento é composto por quatro a sete ternos em série, o primeiro terno é extraído um caldo que normalmente é utilizado para fabricação de açúcar e depois é injetado água para extrair o caldo que será utilizado na produção de etanol.

O bagaço produzido pela extração do caldo é transportado para as caldeiras que geram energia para todo o processo da destilaria, e o bagaço em excesso é estocado em pátios. A cada tonelada de cana moída é produzido entre 240 a 280 kg de bagaço, sendo

esse um produto essencial para todo o funcionamento da usina, já que é destinada a ser uma energia sustentável durante a produção.

O caldo extraído passa por um tratamento de vários processos, primeiro é preciso remover todas as impurezas sólidas presentes como a areia e argila, utilizando o processo de peneiração. Já a segunda fase são processos químicos para remover as impurezas insolúveis utilizando os processos de coagulação, precipitação e floculação. Após esses processos é feita a correção do pH do caldo e então pode-se dar continuidade ao processo de fabricação do etanol.

Após feito todo tratamento do caldo, o próximo processo é a evaporação no qual chega para esse procedimento com o valor de concentração de 14° a 16° Brix, e sai com o valor de 18° a 22° Brix, é pasteurizado e depois resfriado dando sequência a fermentação (THEODORO, 2020).

A próxima etapa é a da fermentação, e pode-se ocorrer de duas maneiras: batelada alimentada ou contínua. O primeiro é o mais utilizado, por se tratar de um processo biológico, ocorre a adição de microrganismos e mosto para serem fermentados. Após a fermentação, de cerca de 8 horas, o vinho levedurado é transportado e centrifugado, obtendo então o vinho delevedurado, que será enviado à destilação. A segunda maneira é semelhante, porém, a vazão de alimentação é contínua o que ajuda no aumento da produtividade e redução de tempo parado, e seu custo é superior ao baleada alimentada. (TONON, 2013).

Para finalizar o processo de fabricação do etanol, têm-se a destilação que se caracteriza por um cilindro com bandejas com o vinho delevedurado na parte superior e o vapor na inferior, tendo o objetivo de separar as substâncias voláteis, obtendo-se então a vinhaça e o flegma (líquido e vapor). Em sequência, o flegma entra em contato com o vapor obtêm-se o etanol hidratado (THEODORO, 2020)

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

A metodologia é o estudo de caso que se classifica como caráter empírico no qual foram estudados dois projetos passados, porém recentes da empresa em questão. É uma

forma de compreender a metodologia FEL, sem que haja qualquer interferência no estudo (CAUCHICK; SOUSA, 2005).

A presente pesquisa pode ser definida como qualitativa pois, está ligada a uma realidade e não depende de números, ou seja, não precisa de dados estatísticos. Seu foco está em interpretar o estudo, preocupando-se com o impacto que a pesquisa trará para a sociedade (DALFOVO; LANA; SILVEIRA, 2008)

Dessa forma o objetivo é descritivo, tendo total foco na compreensão dos significados do estudo, fazer análises empíricas e aperfeiçoar as técnicas comunicacionais entre o pesquisador e o pesquisado. (DALFOVO; LANA; SILVEIRA, 2008)

### **3.2 Técnicas de coletas de dados**

Pelo fato de a pesquisa ser descritiva, a coleta de dados pode ser feita de várias formas, sendo essas, entrevistas, análise de documentos e visitas técnicas. Os resultados obtidos a partir dessas técnicas devem ser analisados corretamente para que não ocorra divergências. (GIL, 2010).

A coleta de dados é concluída quando não se tem novas informações com os dados já coletados, sendo esses suficientes para que o estudo de caso possa prosseguir (CAUCHICK; SOUSA, 2005).

Os dados utilizados por essa pesquisa foram disponibilizados pela empresa, no qual foram feitos relatórios dos dois casos em questão e uma entrevista com os colaboradores que participaram do projeto.

### **3.3 Técnicas de análise de dados**

Para realizar a análise dos relatórios obtidos pela empresa, deve-se ter bastante atenção para que seja explicativa e compreendida. Todas as informações coletadas em entrevistas devem ser anotadas e analisadas, onde o pesquisador e o pesquisado tenham sinergia para terem sucesso ao final do estudo.

Para isso, foram feitos estudos de bases do projeto, vantagens e desvantagens, layout setoriais, fluxogramas e planilhas de custos.

A partir da análise desses documentos, foi planejado um roteiro de entrevista para esclarecer possíveis incompreensões diante dos projetos estudados.

Nesse roteiro foram utilizados critérios para selecionar os respondentes para sanarem as dúvidas, dentre esses selecionados temos o gestor da área de planejamento e projetos da empresa que fez o estudo na Destilaria e membros da equipe que participaram frequentemente no projeto.

### **3.4 Procedimentos metodológicos - Etapas**

O procedimento metodológico foi definido a partir de um estudo teórico da metodologia FEL, no qual a empresa tem-se como principal método para gestão de seus projetos.

Assim, foi possível a definição de dois projetos já concluídos para que a análise da metodologia fosse demonstrada, em que um foi executado e o outro, por ter um alto custo não prosseguiu.

Com base nos relatórios obtidos pela empresa e entrevistas semiestruturadas com colaboradores, foi possível entender a importância que a metodologia implicou nesses projetos.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização da empresa**

A empresa no qual o estudo de caso foi feito está localizada no Estado de Goiás, foi fundada no ano de 2007, tendo início as suas operações no ano de 2009. Com o passar dos anos a usina foi crescendo e consagrou-se como uma das maiores plantas produtoras de bioenergia e etanol do Brasil.

Diante dos números apresentados pela empresa, na safra 2020/21, a moagem teve 5 milhões de toneladas de cana de açúcar esmagadas, e na safra 2021/22 foram 5,3 milhões. Já referente a produção de etanol, na safra 2020/21 foram produzidos 647 milhões de litros de etanol hidratado, e na safra 2021/22 teve um aumento de 4%, resultando em 675 milhões de litros. Esses números tendem a crescer a cada ano, pois a empresa está crescendo e ampliando seus negócios.

Em 2019, a empresa inaugurou sua segunda planta na mesma localidade, porém essa utiliza o milho como matéria para a produção de etanol e exportação de energia. Essa ampliação ajudou para que se destacassem no ramo, tendo uma capacidade anual de produção de 580 mil toneladas de milho, 245 milhões de litros de etanol, 175 mil toneladas de DDGS (farelo de milho) e 7 mil toneladas de óleo de milho.

Atualmente, a empresa tem a capacidade de produzir 730 milhões de litros de etanol, sendo o maior complexo produtor do Brasil. Em relação a exportação de energia, tem a capacidade de gerar 1300 GWh de energia. Na tabela 1 vê-se a comparação das safras.

**Tabela 1.** Comparativo safra

<b>PRODUÇÃO</b>	<b>SAFRA 2020/21</b>	<b>SAFRA 2021/22</b>
Cana de açúcar esmagada	5 milhões toneladas	5,3 milhões toneladas
Produção de etanol	647 milhões de litros	675 milhões de litros

**Fonte:** Acervo Pessoal

Neste trabalho foram estudados dois projetos que utilizaram a metodologia FEL, o primeiro deles avaliava a viabilidade de aumentar a produção por meio da adição de uma segunda linha de moenda. Já o segundo projeto, avaliava aumentar a produção através do processo de desgargalamento que tinha o objetivo de encontrar o gargalo, ou seja, encontrar uma solução para que o processo de produção fluísse com mais êxito.

#### **4.2 Entrevista sobre os estudos de caso**

Mediante aos dois projetos estudados foram feitas duas entrevistas com membros da empresa contratada para realizar os dois projetos, um deles é Gerente de Planejamento e Projetos e o outro, durante o período dos dois projetos, era estagiário da empresa.

Separando a entrevista entre os dois projetos, no qual o primeiro projeto foi feito o FEL 2 e FEL 3, e o segundo projeto foi feito apenas o FEL 3. O primeiro entrevistado foi questionado sobre o “Projeto conceitual (FEL 2) e Projeto básico (FEL 3) para implantação da segunda linha de moenda” e o segundo entrevistado foi questionado sobre “FEL 3 de desgargalamento”.

#### 4.2.1 Entrevista 1

Dando início a entrevista foi perguntado quem dá o primeiro passo para realização de um novo projeto, se o cliente buscou a empresa ou a empresa que foi atrás do cliente?

Ele afirma que:

“Quem vêm com a primeira demanda é o cliente, pois eles viram que tinham um problema no sistema de moagem para atender toda a demanda deles e viram que existiam um possível gargalo, então pedem para ser feito um estudo que começou pelo FEL 2”.

Em seguida foi questionado quais eram os objetivos dos projetos e o entrevistado disse que:

“Era preciso aumentar a capacidade de produção, mas o cliente não queria extrapolar os custos, então tínhamos duas opções: a primeira seria a instalação de uma segunda moenda e a segunda opção o desgargalamento. Esses dois projetos aconteceram ao mesmo tempo, assim seria possível decidir a melhor opção de acordo com o que o cliente queria”.

Ele completa dizendo:

“Uma moenda não é possível ser ampliada, por isso era preciso comprar uma segunda moenda. Mas com a possível instalação de uma segunda moenda, o cliente duplicaria sua produção e seu objetivo não era esse, pois ele gostaria muito e estaria fora da sua realidade”.

Dando continuidade a entrevista, foi questionado sobre quantas pessoas participam do projeto e quais as formações. O entrevistado diz que são cerca de 10 pessoas quando o projeto está na fase de FEL 2 e cerca de 20 pessoas quando está na FEL 3, entre essas pessoas estão engenheiros e projetistas civis, mecânicos, elétricos, automação e processos.

Ao ser questionado do porque não foi feito o estudo do FEL 1, ele responde dizendo que foi feito, mas quem realizou foi o próprio cliente e foi um estudo rápido para determinar se era um projeto possível de ser realizado. Além disso, ele explica que não vê problema em não ter participado do FEL 1, mas que é necessário que todos os documentos sejam repassados para que nenhuma informação seja perdida.

A partir disso foi perguntado como se inicia o projeto, quais documentos são essenciais para a iniciação, sendo destacado:

“É importante saber o que o cliente deseja, o que ele quer produzir, qual a quantidade de sua produção, qual sua matéria prima - que nesse caso seria a cana de açúcar- e então qual o equipamento necessário para atender todos os requisitos do cliente. Então traduzindo isso, esses documentos são o questionário industrial, plano de produção, balanço de massa e energia, layout existente e o novo layout”.

Alguns serviços são terceirizados, sendo afirmado que “A licença ambiental é essencial pelo fato de ser uma usina, mas como é uma usina existente essa licença já existe

e caso fosse necessário é um serviço feito por outras empresas”. Além disso, nesse projeto, a análise de viabilidade também foi feita por outra empresa: “Nós fizemos todo o estudo básico do FEL 2 e 3, mas quem tomava as decisões se era viável continuar era uma segunda empresa em acordo com o cliente”.

Com o andamento do projeto foi questionado como era feito o acompanhamento, e o ele responde dizendo: “Fazíamos reuniões semanais via Teams, além de atualizações semanais na LMP e Cronograma, sempre acompanhando a Curva S”. Questionado se era comum fazer visitas técnicas foi respondido que era algo esporádico, uma vez por mês, mas não era necessário sempre.

Dando continuidade, foi questionado como é feito a análise de cada *gate* e o que é feito para dar continuidade no processo?

A resposta foi que: “A análise econômica é quem define se o projeto continua ou não, pode ter a incerteza de 20% a 30% e o cliente que define se deve continuar, se é isso que ele pretende investir, se é viável e se tem riscos. Ao passar para o FEL 3 ele deve diminuir a incerteza e melhorar a engenharia.”

Ele também complementa o pensamento dizendo ser importante a análise de investimento, os cálculos de Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

Além disso, ele completa com:

“Normalmente um projeto para se tornar executivo têm que valer a pena para o cliente a curto prazo, se o cliente vê retorno de investimento depois dos cinco anos, o projeto não vai pra frente, mas se o seu investimento tem um retorno antes disso, a chance de se tornar executivo é muito maior”.

E por fim, qual seria a importância da Metodologia FEL para um projeto, quais são seus aspectos positivos, ele responde:

“A vantagem é avaliar e ter mais informações se um projeto vai ser viável ou não, seus custos são menores e tem mais assertividade, reduzindo o risco de o projeto extrapolar o seu valor, por se tratar de um estudo pode-se desenvolver a engenharia básica e sem que no futuro isso ocasione em problemas para o projeto”.

Com base nas falas do entrevistado verifica-se a importância de se fazer um estudo correto e assertivo para os projetos em geral, de modo que a Metodologia FEL auxiliou as tomadas de decisões, com destaque para os *gates*, e assim torna-se mais preciso cada passo a ser dado pelo cliente e empresa.

#### 4.2.2 Entrevista 2

Da mesma forma, foi perguntado como se iniciou o projeto, e o entrevistado também confirma dizendo que o cliente foi atrás da empresa para solucionar o problema da capacidade de produção.

Ao ser questionado quais eram os principais objetivos do projeto, o entrevistado diz:

“Para mim foi um grande desafio, pois tinha acabado de entrar na empresa, então era tudo novo. Com o tempo fui me integrando sobre o projeto e tentando compreender o funcionamento de uma usina de etanol e assim consegui perceber quais eram seus objetivos. Então cheguei à conclusão que o cliente queria aumentar sua capacidade de produção, mas não poderia ultrapassar o limite de gastos”.

Pelo fato do entrevistado ser novo durante o período do projeto, foi questionado quais desafios ele teve, ele responde: “Foi bem desafiador, pois era tudo novo. Mas com o estudo sobre a metodologia FEL e o funcionamento da usina, consegui compreender”.

Como ele fez o estudo da metodologia FEL, foi perguntado quais técnicas da metodologia FEL estão presentes no FEL 3 que não estão no FEL 2?

“O FEL 3 por ser um estudo mais completo e que a incerteza deve ser menor, é necessário fazer uma real cotação dos itens a serem utilizados, pois no FEL 2 pode-se usar um banco de dados já que a incerteza é cerca de -15% e +25% na planilha de custos. Então alguns documentos que utilizamos a mais foram: histogramas, fluxo de processos, layout setorial, especificações técnicas, listas de válvulas, linhas e instrumentos, e outros”.

Sobre o acompanhamento do projeto, você participava das reuniões semanais, como era feito o seu acompanhamento? Ele responde: “participei de algumas reuniões, mas não realizava visitas técnicas”.

Questionado sobre a dinâmica entre o *gate* 3 e o projeto se tornar executivo, ele diz:

“Nós temos que mostrar para o cliente tudo que deve ser feito no projeto, mostrar os custos que isso vai causar, quais benefícios tal investimento trará para o cliente a longo ou curto prazo, e é ele quem decide se o projeto parte para o executivo, e isso é feito junto a uma empresa terceirizada por eles, para que a decisão de cada *gate* seja tomada”.

Quando o projeto está na fase executiva qual documento é o mais importante nesse processo? Ele responde: “Sem dúvidas os desenhos certificados são essenciais nessa etapa, é refeito todo FEL 3 e não precisa ter uma planilha de custos”.

Sabendo que o entrevistado continua trabalhando na empresa até hoje, foi perguntado se ao concluírem o projeto ele é arquivado e reutilizado para estudo em

projetos futuros e ele afirma dizendo que são utilizados, pois esses projetos antigos são um banco de dados para eles já que muitos projetos são para usinas de açúcar e álcool.

Com isso, é questionado qual documento é feito ao início e final de cada projeto e ele responde:

“Para o início do projeto temos um documento denominado bases do projeto, onde é mostrada toda problemática do cliente e fazer o gerenciamento de cada fase. Ao final do projeto é realizado um relatório final descrevendo tudo que foi feito e qual conclusão o projeto teve.”

Por fim, o entrevistado diz que acha a metodologia muito importante, pois com os *gates* a tomada de decisão é mais assertiva e com isso o projeto evita grandes problemas.

### **4.3 Documentos FEL**

De acordo com as entrevistas feitas e com o banco de dados da empresa, foi possível verificar quais documentos são essenciais para os projetos. Cada etapa do FEL é dividida em seis disciplinas, sendo elas: Gestão, Processos, Mecânica, Civil, Elétrica e Automação.

#### ***4.3.1 Documentos gestão***

Dentre os documentos de gestão que são utilizados no projeto têm-se: *Kick off Meeting* (KoM), Plano de comunicação, Lista Mestre de Produtos (LMP), cronograma, curva S, Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), estudo de *trade-offs* e bases do projeto e relatório final do projeto.

No caso dos dois projetos citados nesse trabalho, as reuniões de KoM foram realizadas através da plataforma Teams e ao final foi gerada uma ATA.

O plano de comunicação é feito para estabelecer como será feita a comunicação entre o cliente e a empresa. É estabelecido um *controller* do projeto que será o principal responsável para definir metas e gerenciar o projeto, além dele, também os respectivos responsáveis das seis disciplinas presentes no projeto. Além disso, o cliente também define quem fará parte da sua equipe.

Com isso, é possível definir-se como serão feitas as entregas semanais e qual meio será utilizado, deixando tudo registrado nesse plano de comunicação.

Essa lista é uma das formas de se controlar o projeto, basicamente deve andar lado ao cronograma, no qual também é estabelecido ao início do projeto.

Nesse arquivo está presente todos os documentos que devem ser entregues durante todo o projeto, e a partir dele também pode-se definir a curva S que é uma forma de acompanhar o andamento do projeto.

O cronograma é feito através do software MS Project, ele se comunica com LMP para que seja estipulada uma data inicial e final do projeto. E assim, cada documento de sua importância é estabelecido uma data para ser entregue.

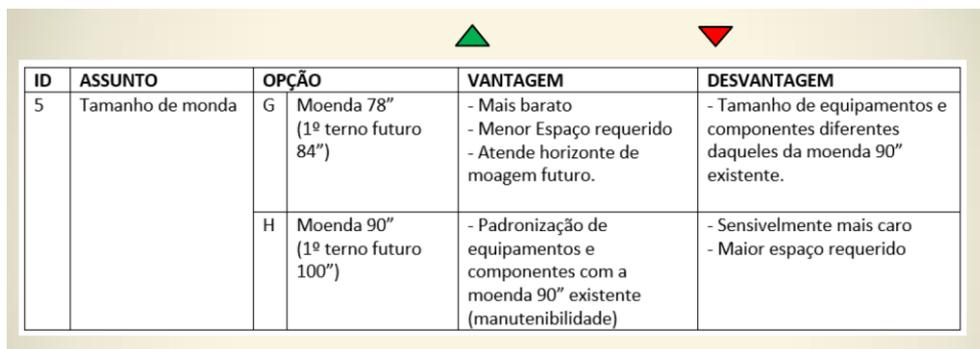
Com esses dois documentos, é estabelecida a curva S, que é a partir dela que se acompanha o andamento do projeto, cada semana o projeto deve ter uma porcentagem já realizada e ela deve seguir a curva S, se não o projeto acaba atrasando.

De acordo com a Lei nº 6.496/77, a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) define de forma legal os responsáveis técnicos para executar uma obra. Esse documento comprova o serviço, regulariza perante ao conselho e embasa a remuneração e direitos autorais.

Segundo o Suno (2018) um *trade-off* se caracteriza em renunciar a algo para se ter outra coisa. Então nesse caso estuda-se quais opções o cliente possui e qual seria a melhor opção para cada cenário de acordo com suas necessidades.

Nesses dois projetos o estudo de *trade-offs* feito listava algumas opções e mostrava quais eram suas vantagens e desvantagens. Como, por exemplo, na Figura 6 vê-se o tamanho da moenda, quais opções teriam com essa mudança.

**Figura 6.** Tamanho de Moenda



ID	ASSUNTO	OPÇÃO	VANTAGEM	DESVANTAGEM
5	Tamanho de moenda	G Moenda 78" (1º terno futuro 84")	- Mais barato - Menor Espaço requerido - Atende horizonte de moagem futuro.	- Tamanho de equipamentos e componentes diferentes daqueles da moenda 90" existente.
		H Moenda 90" (1º terno futuro 100")	- Padronização de equipamentos e componentes com a moenda 90" existente (manutenibilidade)	- Sensivelmente mais caro - Maior espaço requerido

**Fonte:** Acervo Pessoal

O objetivo do relatório bases do projetos é estabelecer as bases tecnológicas e gerenciamento do projeto. As bases tecnológicas foram todas estabelecidas e adequadamente escolhidas de maneira que a planta alcance os rendimentos e eficiências máximas possíveis. Além de estabelecer as premissas que serão utilizadas durante todo o processo. No caso dos projetos estudados, seriam a instalação da segunda linha de moenda (FEL 2 e FEL 3) e o FEL 3 de desgargalamento.

E por fim, o relatório final do projeto é um resumo do que foi feito durante o projeto. Mostra quais foram os objetivos, as premissas, caracterização do cliente, identificação dos problemas e quais são as soluções propostas para cada um, quais documentos de engenharia básica foram utilizados, a lista de equipamentos que o cliente possui e ao final a conclusão que se tira do projeto.

A seguir na Figura 7, dá-se um exemplo de como é o índice de um relatório como esse.

**Figura 7.** Índice de um relatório final de projeto

<b>SUMÁRIO</b>	
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. PREMISSAS .....</b>	<b>5</b>
4.1 PREMISSAS TÉCNICAS .....	5
4.2 LAYOUT .....	6
4.3 ESTRUTURAS METÁLICAS .....	6
4.4 ELÉTRICA .....	7
4.5 AUTOMAÇÃO .....	7
4.6 CARACTERÍSTICAS LOCAIS .....	7
<b>5. IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E MELHORIAS SUGERIDAS.....</b>	<b>7</b>
5.1 ÁREA 300 - SETOR DE RECEPÇÃO, PREPARO E EXTRAÇÃO .....	7
5.1.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS NO SETOR DE RECEPÇÃO, PREPARO E EXTRAÇÃO .....	8
5.2 ÁREA 400 - TRATAMENTO DE CALDO .....	9
5.2.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS NO SETOR DE TRATAMENTO DE CALDO .....	11
5.3 ÁREA 500 - EVAPORAÇÃO .....	13
5.3.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS NO SETOR DA EVAPORAÇÃO .....	14
5.4 ÁREA 700 - FERMENTAÇÃO .....	14
5.4.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS NO SETOR DA FERMENTAÇÃO .....	15
5.5 ÁREA 800 – DESTILAÇÃO .....	17
5.5.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS NO SETOR DA DESTILARIA .....	17
5.6 ÁREA 900 – SISTEMAS AUXILIARES – SISTEMA DE RESFRIAMENTO .....	18
5.6.1 IDENTIFICAÇÃO DE GARGALOS E SUGESTÕES DE MELHORIAS NO SETOR DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA .....	19
5.7 PERFIL TÉRMICO E HÍDRICO DA PLANTA APÓS O DESGARGALAMENTO .....	20
<b>6. ENGENHARIA BÁSICA .....</b>	<b>20</b>
6.1 BALANÇOS DE MASSA E ENERGIA .....	21
6.2 FLUXOGRAMAS DE ENGENHARIA .....	22
6.3 CONCEITO DO PROJETO ELÉTRICO .....	23
6.3.1 TRATAMENTO DE CALDO .....	23
6.3.2 FERMENTAÇÃO .....	23
6.4 ARQUITETURA DE AUTOMAÇÃO .....	26

**Fonte:** Acervo Pessoal

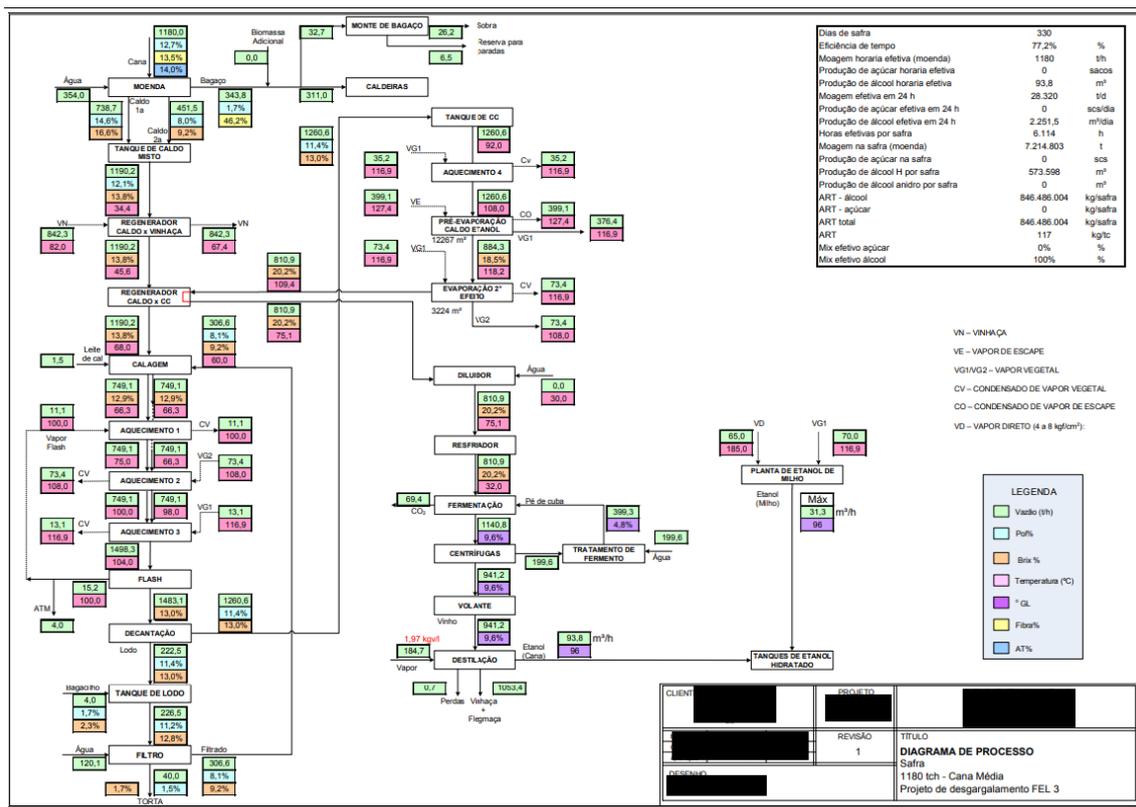
### 4.3.1 Documentos processos

Alguns dos documentos presentes nessa disciplina são: Questionário Industrial, Balanço de Massa e Energia (BME), Diagramas, Fluxogramas, Lista de equipamentos.

O questionário é composto por perguntas para entender quais são os objetivos do cliente, o que ele quer produzir, qual sua matéria prima, quais características da sua produção. É feito um completo entendimento da problemática proposta pelo cliente e assim a empresa consegue estudar todo o caso.

O balanço de massa e energia, no qual a massa inicial deve ser igual a final, a não ser que tenha acúmulo dentro do processo. Nesse caso, foi estudado o processo de fabricação da usina, desde a moenda até o produto final. Na figura 8, pode-se analisar como é feito esse balanço.

Figura 8. Diagrama de Processo



Fonte: Acervo Pessoal

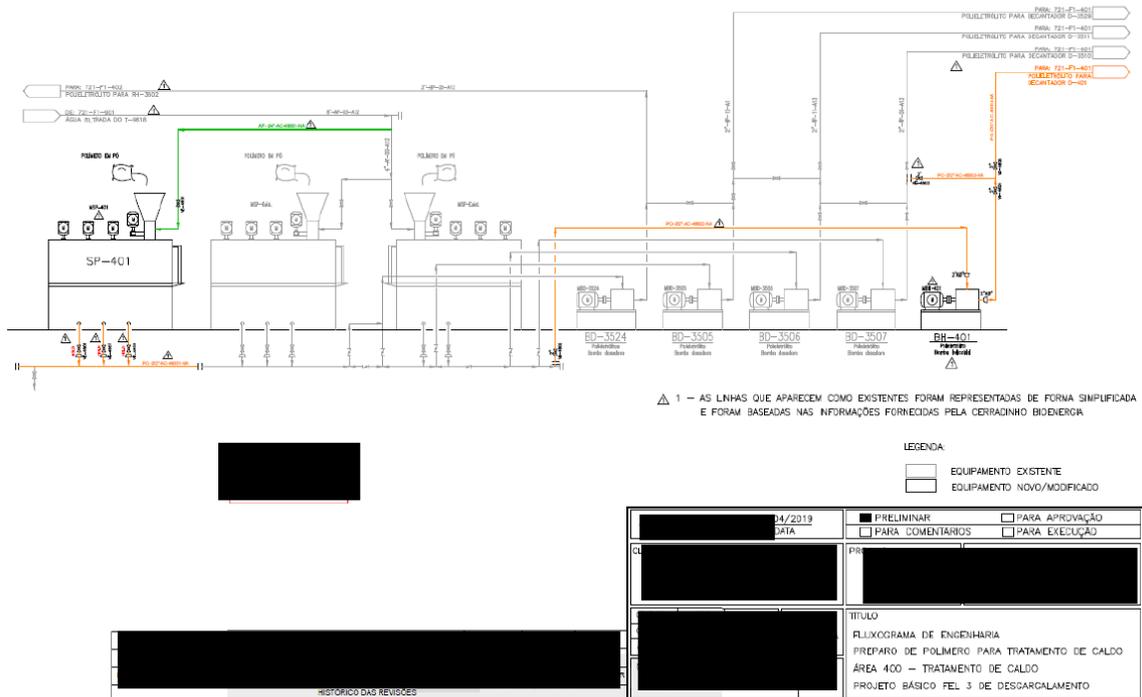
Com o balanço de massa e energia realizado, pode-se também realizar diagramas de água, vapor e processo, como ilustrado na Figura 8, e também os fluxogramas que são

essenciais para o melhor entendimento do processo. No fluxograma pode-se ver os equipamentos, instrumentos e motores presentes na usina, a Figura 9 demonstra como é esse estudo.

Têm-se 17 fluxogramas de engenharia, dividindo as principais áreas e sistemas da planta industrial. Foram divididos em:

- Preparo e Moagem da Cana;
- Decantação;
- Filtração;
- Aquecimento (Caldo Misto);
- Aquecimento (Caldo Decantado);
- Regeneração;
- Preparo de Polímero para Tratamento de Caldo;
- Decantador para Água de Lavagem de Filtro;
- Evaporação;
- Evaporação;
- Fermentação;
- Torre de CO<sub>2</sub>;
- Pré-fermentação;
- Preparo de mosto;
- Destilação;
- Tanques de Medição de Etanol Hidratado;
- Distribuição de água.

**Figura 9. Fluxograma Preparo de Polímero para Tratamento de Caldo**



**Fonte:** Acervo Pessoal

Por fim a lista de equipamentos é feita de acordo com os dados passados pelo cliente, serve de referência para as especificações técnicas que são enviadas aos fornecedores. Nesse projeto a lista de equipamentos foi dividida em áreas de processo e apresenta as principais características dos equipamentos propostos para o projeto de desgargalamento.

As áreas que foram divididas em: tratamento de caldo, fermentação, destilaria e sistemas auxiliares. Na Figura 10, vê-se como foi listado esses equipamentos.

**Figura 10.** Lista de equipamentos

TAG	QUANTIDADE	EQUIPAMENTO	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS
	0	Aquecedores de Caldo	Retrofit dos aquecedores existentes, reduzindo o número de passes de 6 para 4, para reduzir a perda de carga
	4	Aquecedor de Caldo Decantado	Tipo: Casco e tubo Área de troca térmica (SAI) = 450 m <sup>2</sup>
	REALOCADA (1)	Bomba Centrífuga para Caldo Decantado	Vazão: 1420 m <sup>3</sup> /h amt: 55 mca
	1	Bomba Centrífuga para Água Industrial	Vazão: 150 m <sup>3</sup> /h amt: 35 mca
	1	Bomba Centrífuga para caldo dosado	Vazão: 1690 m <sup>3</sup> /h amt: 55 mca
	1	Balão Flash de Caldo Etanol Aquecido	-
	1	Bomba Helicoidal para Polieletrólito	Vazão: 2,0 a 4,5 m <sup>3</sup> /h amt: 30,6 mca
	1	Bomba Helicoidal para Lodo	Vazão: 30 m <sup>3</sup> /h amt: 25 mca
	1	Bomba Helicoidal de Mistura de Lodo com Bagacilho	Vazão: 30 m <sup>3</sup> /h amt: 25 mca
	1	Decantador de Água de Lavagem de Telas	Tipo: Rápido Vazão: 120 m <sup>3</sup> /h Capacidade: 350 m <sup>3</sup>

**Fonte:** Acervo Pessoal

#### 4.3.2 Documentos mecânica

Para essa disciplina têm-se o Layout, Modelo 3D e Arranjos de tubulação.

Esses documentos são feitos através do software AutoCAD e com o Layout, pode-se analisar qual a melhor forma de dividir a planta da empresa, satisfazendo a sua produção e trazendo uma melhor eficiência, o modelo 3D auxilia no melhor entendimento de como seria cada setor estudado. No caso estudado o layout foi dividido em seis opções, sendo possível o estudo de quais seriam suas vantagens e desvantagens. Na Figura 11, vê-se o comparativo de cada opção.

Com o decorrer do projeto optaram por dar continuidade com a Opção A e Opção B e assim a planilha de custos foi realizada com base nessas duas opções.

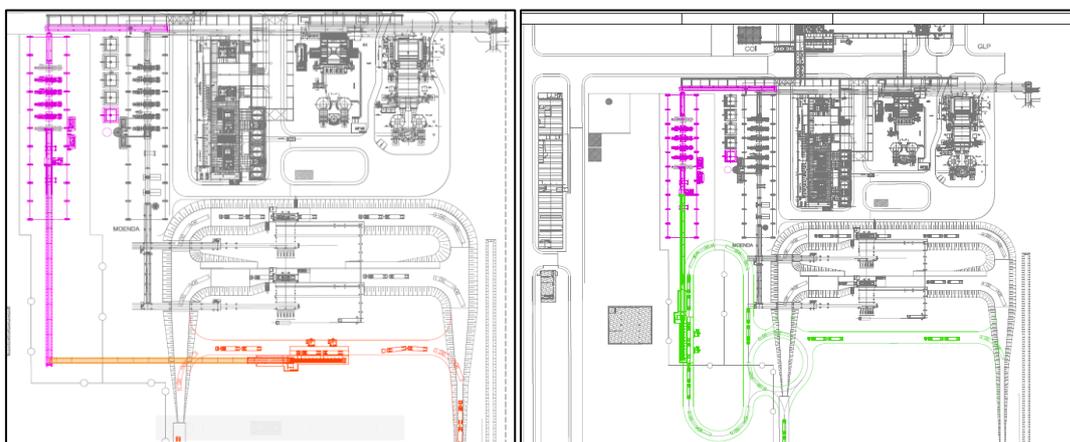
**Figura 11. Vantagens e Desvantagens**

CENÁRIO E DOCUMENTO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
OPÇÃO a [REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouca alteração no pátio</li> <li>- Logística simples</li> <li>- Menor custo em obras civis</li> <li>- Permite instalação de esteira auxiliar (flexibilidade)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esteiras de borracha grandes</li> <li>- Maior custo com equipamentos</li> </ul>
OPÇÃO b [REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esteiras de borracha menores</li> <li>- Projeto com 1 esteira de borracha a menos</li> <li>- Menor custo com equipamentos</li> <li>- Menor potência instalada (energia parasita)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer alteração no pátio</li> <li>- Maiores custo em obras civis</li> </ul>
OPÇÃO c [REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouca alteração no pátio</li> <li>- Logística simples</li> <li>- Menor custo em obras civis</li> <li>- Maior flexibilidade (uso de uma esteira de borracha existente)</li> <li>- Esteiras de borracha pequenas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer instalação de desviadores</li> <li>- Requer repotencialização da esteira existente</li> <li>- Maior custo com equipamentos</li> <li>- Requer gerenciamento de confiabilidade dos desviadores</li> </ul>
OPÇÃO d [REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa alteração na logística de pátio</li> <li>- Maior flexibilidade (uso de esteiras metálicas/borracha existentes)</li> <li>- Projeto com 1 esteira de borracha a menos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substituição das mesas alimentadoras existentes</li> <li>- Requer instalação de desviador</li> <li>- Requer gerenciamento de confiabilidade do desviador</li> <li>- Requer repotencialização das esteiras existentes</li> <li>- Maior tempo de obra e maiores riscos de moagem</li> </ul>
OPÇÃO e [REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite desativar as mesas alimentadoras no futuro</li> <li>- Projeto com 1 esteira de borracha a menos</li> <li>- Esteiras de borracha pequenas</li> <li>- Maior flexibilidade na logística</li> <li>- Menor potência instalada (energia parasita)</li> <li>- Pode ser implementado em duas fases (moenda 1 e depois moenda 2)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer alterações no pátio</li> <li>- Maior custo em obras civis</li> </ul>
OPÇÃO f [REDACTED]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Esteiras de borracha medianas</li> <li>- Projeto com 1 esteira de borracha a menos</li> <li>- Menor custo com equipamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requer alteração no pátio e possivelmente no PCTS.</li> <li>- Maior custo em obras civis</li> </ul>

**Fonte: Acervo Pessoal**

Na Figura 12 mostra como seria o layout de acordo com a opção A e B.

**Figura 12. Layout opção A (esquerda) e B (direita)**



**Fonte: Acervo Pessoal**

### 4.3.3 Documentos civil

A disciplina de civil apresenta documentos como a planta de cargas e o projeto civil.

Em uma planta de cargas o engenheiro civil dimensiona quais as cargas estarão presentes em todo o projeto, sendo assim possível o dimensionamento das fundações.

A partir dos dados estudados, o engenheiro é capaz de projetar uma planta civil para o determinado projeto. Nesse caso, foi estudado a opção da segunda linha de moenda, sendo assim, projetado a mesma dentro da planta já existente da usina.

#### 4.3.4 Documentos elétrica

Alguns documentos presentes nessa disciplina são: lista de carga elétricas, diagrama unifilar, projeto SPDA e CCMs.

Dentro da divisão de áreas da usina, é feito um estudo de cargas elétricas presentes em cada uma. Tudo o que for elétrico deve ser listado e preenchido de acordo com suas características. Tem-se como exemplo de equipamentos listados: tomadas, bombas, esteiras, transportadores e entre outros.

Na Figura 13, segue um exemplo de como é listado essas cargas.

**Figura 13.** Lista de cargas elétricas

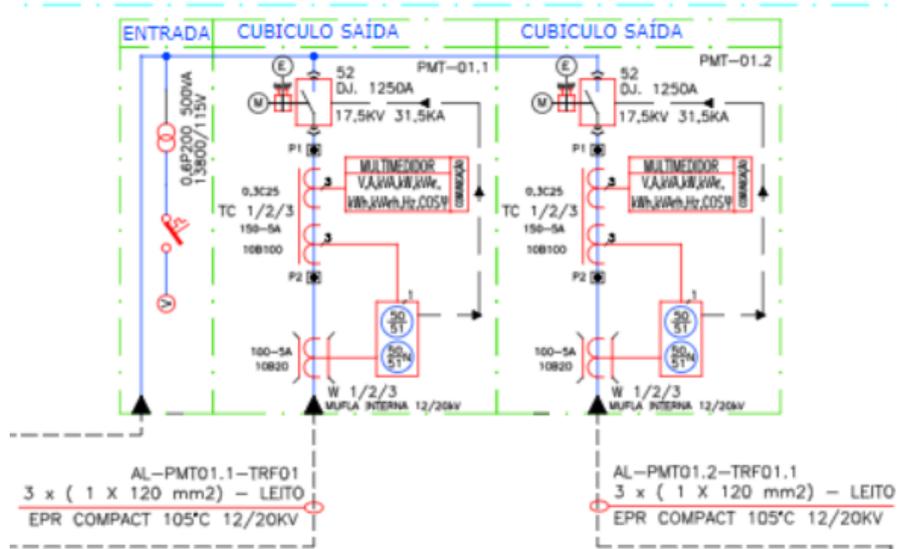
EQUIPAMENTO	TENSÃO NOMINAL	N° POLOS	POTÊNCIA NOMINAL	POTÊNCIA (cv)						PARTIDA	OPERAÇÃO
				INSTALADA		LIGADA		CONSUMIDA			
				QTD	TOTAL	QTD	TOTAL	FC	TOTAL		
Bomba de água resfriamento CAFOR	440	4	75	1	75	1	75	0,8	60	SS	Continua
Bomba de água resfriamento CAFOR	440	4	75	1	75	0	0	0,8	0	SS	Continua
Torre de resfriamento - CAFOR	440	4	30	1	30	1	30	0,8	24	PD	Continua
Bomba do adiabático	440	2	15	1	15	1	15	0,8	12	PD	Continua
Bomba do adiabático	440	2	15	1	15	1	15	0,8	12	PD	Continua
Ventilador acoplado Sistema adiabático 1	440	4	125	1	125	1	125	0,8	100	SS	Continua
Ventilador acoplado Sistema adiabático 2	440	4	125	1	125	1	125	0,8	100	SS	Continua

**Fonte:** Acervo Pessoal

O diagrama unifilar é um desenho que representa as instalações elétricas presentes na planta da usina. Sendo possível o melhor entendimento da parte elétrica da planta, no qual é utilizada para auxiliar em quais pontos devem ter circuitos eletrônicos.

Na Figura 14, vê-se uma parte de um diagrama realizado através do software AutoCAD.

**Figura 14.** Diagrama unifilar



Fonte: Acervo Pessoal

Na Figura 15, mostra-se algumas simbologias retratadas em diagramas unifilares.

**Figura 15.** Simbologia

Multifilar	Unifilar Oficial	Unifilar Antigo	Significado	Observações
		S	Interruptor simples de uma seção (uma tecla).	A letra minúscula indica o ponto de comando.
		S <sub>2</sub>	Interruptor simples de duas seções (duas teclas).	
		S <sub>3</sub>	Interruptor simples de três seções (três teclas).	
			Conjunto de interruptor simples de uma tecla e tomada.	O número entre dois traços indica o circuito correspondente.
			Conjunto de interruptor simples de duas teclas e tomada.	As letras minúsculas indicam o ponto comandado e o número entre dois traços, o circuito correspondente.
		S <sub>3w</sub> (S <sub>3</sub> )	Interruptor paralelo de uma seção (uma tecla) ou three-way.	A letra minúscula indica o ponto comandado.

Fonte: IEC 60617- *Graphical symbols for diagrams*

Um projeto de Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA) é feito para que as descargas atmosféricas se dissipem de uma forma segura até a terra. Composto por subsistemas de captação, descida, aterramento, equipotencialização e distâncias de segurança evita com que aconteça danos aos edifícios.

Já o Centro de Controle de Motores (CCM) é um local dentro da planta da usina que controla todos os motores presentes. Dentro do CCM inclui-se todas as partes como inversores de frequência, softwares, relés inteligentes e disjuntores.

#### 4.3.5 Documentos automação

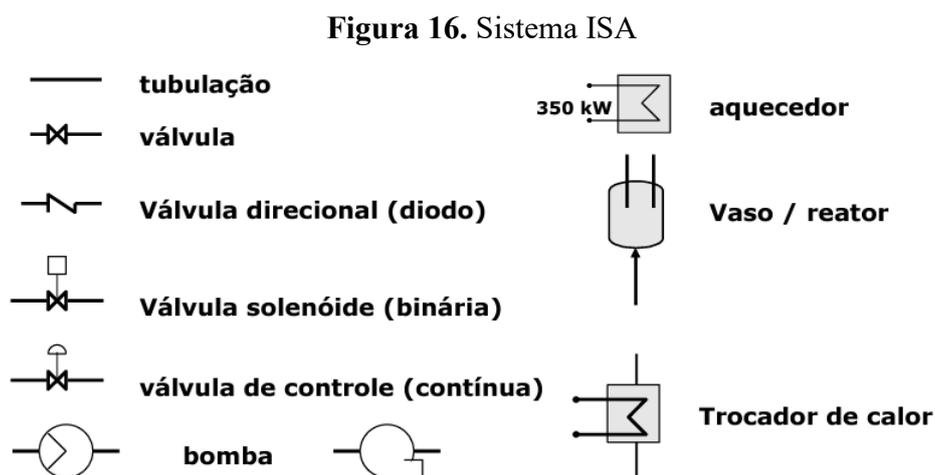
Para finalizar as disciplinas, em automação temos os documentos de topologia de rede, sistema de IOs e folha de dados de instrumentos.

A topologia de rede é utilizada para definir a estruturação de computadores, essa função ajuda no compartilhamento de informações, ter mais segurança e agiliza a comunicação entre os trabalhadores. Existem cinco tipos de topologia de redes, na Figura 16 vê-se como são dispostos os computadores em cada tipo.

Um sistema de Input/Output (IO) são responsáveis por controlar os fluxos de dados de uma máquina. São módulos que conectam sensores, atuadores e componentes elétricos para serem configurados de uma maneira correta. Na Figura 17, pode-se ver como é esse sistema.

Já na lista de instrumentos estão todos instrumentos presentes em uma planta, pode-se encontrar válvulas, transmissores, indicadores de pressão, temperatura.

Na Figura 16, têm-se uma pequena representação de como são esses instrumentos.



**Fonte:** Norma ISA 5.1 (1992)

Na Tabela 2, vê-se os documentos presentes em cada etapa do FEL e quais são suas respectivas disciplinas.

**Tabela 2.** Lista de documentos FEL

<b>DISCIPLINA</b>	<b>DOCUMENTOS</b>	<b>FEL 2</b>	<b>FEL 3</b>
Gestão	KoM	X	X
	Plano de comunicação	X	X
	LMP	X	X
	Cronograma	X	X
	Curva S	X	X
	Histograma		X
	Relatório final do projeto	X	X
Processos	ART	X	X
	Bases do projeto	X	X
	Questionário Industrial	X	X
	Planejamento industrial	X	X
	BME	X	X
	Diagramas	X	X
	Fluxogramas	X	X
	Lista de Equipamentos	X	X
	Lista de Instrumentos		X
Mecânica	Layout geral	X	X
	Layout setorial		X
	Modelo 3D		X
	Arranjos de tubulação		X
Elétrica	Planta de cargas		X
	Projeto Civil	X	X
	Lista de cargas elétricas	X	X
	Diagrama unifilar	X	X
	Projeto dos CCMs e SPDA		X
	Projeto de iluminação		X
Automação	Topologia de rede	X	X
	Lista de IOs		X
	Descritivo das malhas de controle		X
	Planta de locação de instrumentos		X
	Folha de dados de instrumentos		X

**Fonte:** Acervo Pessoal

#### 4.4 Comparativo dos projetos

A Tabela 3, vê-se um comparativo dos dois projetos.

**Tabela 3.** Comparativo dos projetos

	<b>Projeto - Segunda linha</b>	<b>Projeto- Desgargalamento</b>
<b>Fase alcançada</b>	FEL2	FEL3
<b>Objetivos</b>	Escolher a melhor opção para implantação da segunda linha de moenda	Ampliação da capacidade de moagem da usina (970 t/h para 1180 t/h)
<b>Premissas</b>	Segunda linha de moenda foi para processamento de cana picada, já a primeira para processamento de cana inteira. Os estudos foram baseados em 2 opções. As novas mudanças contaram com um Desfibrador Vertical Único e os acionamentos eram por motores elétricos.	Reaproveitamento de equipamentos já existentes na planta. Todas as tubulações devem atender 1180 t/h, sendo necessário sua troca ou não. As especificações técnicas incluíram instrumentação, isolamento térmico, transportes, montagem e supervisão.
<b>Margem de erro</b>	-15% a +30%	-10% a +10%
<b>Principais documentos</b>	Balanço de Massa e Energia Fluxograma Lista de Cargas Elétricas Layout Lista de Equipamentos Planilha de Custos Estudo de viabilidade	Balanço de Massa e Energia Fluxograma Lista de Cargas Elétricas Layout Lista de Equipamentos Planilha de Custos Estudo de viabilidade

**Fonte:** Acervo Pessoal

Na Tabela 4 pode-se analisar quais seriam os custos caso fosse implantado a segunda linha de moenda, e na Tabela 5 os custos do desgargalamento.

**Tabela 4.** Planilha de custos projeto FEL 2

<b>RESUMO – SEGUNDA LINHA DE MOENDA</b>		
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>CENÁRIO A</b>	<b>CENÁRIO B</b>
<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>R\$ 48.940.357</b>	<b>R\$ 57.831.338</b>
<i>RECEPÇÃO</i>	R\$ 3.310.000	R\$ 3.575.000
<i>PREPARO</i>	R\$ 5.020.000	R\$ 5.405.000
<i>MOAGEM</i>	R\$ 38.223.757	R\$ 46.464.738
<i>OUTROS</i>	R\$ 2.386.000	R\$ 2.386.600
<b>CIVIL</b>	<b>R\$ 9.554.255</b>	<b>R\$ 9.907.855</b>
<i>BARRACÃO DE MOENDA</i>	R\$ 3.257.075	R\$ 3.257.075
<i>CCM</i>	R\$ 1.517.000	R\$ 1.517.000
<i>BASES E FUNDAÇÕES DE EQUIPAMENTOS</i>	R\$ 3.885.180	R\$ 4.238.780
<i>TERRAPLANAGEM</i>	R\$ 145.000	R\$ 145.000
<i>OUTROS</i>	R\$ 750.000	R\$ 750.000
<b>MONTAGEM E INSTALAÇÕES</b>	<b>R\$ 11.045.000</b>	<b>R\$ 12.195.000</b>
<i>MONTAGEM MECÂNICA</i>	R\$ 1.950.000	R\$ 2.050.000
<i>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</i>	R\$ 8.060.000	R\$ 9.110.000
<i>SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO</i>	R\$ 835.000	R\$ 835.000
<i>TUBULAÇÕES, ACESSÓRIOS E VÁLVULAS</i>	R\$ 200.000	R\$ 200.000
<i>PROJETOS E GERENCIAMENTO</i>	<b>R\$ 2.500.000</b>	<b>R\$ 2.500.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 72.039.612</b>	<b>R\$ 82.434.193</b>

**Fonte:** Acervo Pessoal

**Tabela 5.** Planilha de custos projeto FEL 3

<b>RESUMO – DESGARGALAMENTO</b>	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>PREÇO</b>

<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>R\$ 19.117.263</b>
<i>ÁREA 300 - MOAGEM DA CANA</i>	R\$ 96.000
<i>ÁREA 400 - TRATAMENTO DE CALDO</i>	R\$ 7.624.466
<i>ÁREA 700 - FERMENTAÇÃO</i>	R\$ 9.259.749
<i>ÁREA 800 - DESTILARIA E ARMAZENAMENTO DE ÁLCOOL</i>	R\$ 815.954
<i>ÁREA 900 - SISTEMAS AUXILIARES</i>	R\$ 1.321.094
<b>OBRAS CIVIS</b>	<b>R\$ 3.120.240</b>
<i>REDES DE SERVIÇO, CAPTAÇÃO, EFLUENTES E PAVIMENTAÇÃO</i>	R\$ 100.000
<i>FUNDAÇÕES E BASES</i>	R\$ 1.158.517
<i>PRÉDIOS CCM</i>	R\$ 1.480.500
<i>OUTRAS OBRAS CIVIS E DE INFRAESTRUTURA</i>	R\$ 381.224
<b>MONTAGENS E INSTALAÇÕES</b>	<b>R\$ 25.938.952</b>
<i>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS (EQUIPAMENTOS, MATERIAL E INSTALAÇÃO) - INTERNOS</i>	R\$ 7.124.045
<i>SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO (MATERIAL E INSTALAÇÃO)</i>	R\$ 2.597.868
<i>ESTRUTURA METÁLICA (MATERIAL, FABRICAÇÃO E MONTAGEM)</i>	R\$ 1.022.619
<i>MONTAGENS MECÂNICAS (INTERLIGAÇÕES)</i>	R\$ 7.544.730
<i>ACESSÓRIOS, VÁLVULAS E TUBULAÇÃO (MATERIAL)</i>	R\$ 6.761.164
<i>SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO</i>	R\$ 100.000
<i>SERVIÇOS E ITENS GERAIS</i>	R\$ 788.527
<b>PROJETOS</b>	<b>R\$ 1.000.000</b>
<b>GERENCIAMENTO</b>	<b>R\$ 1.200.000</b>

<b>SEGUROS</b>	<b>R\$ 191.173</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 54.067.628</b>

**Fonte:** Acervo Pessoal

De acordo com os dados coletados pelos dois projetos, vê-se que no projeto de implantação da segunda linha de moenda os gastos totais seriam de R\$ 72.039.612 no cenário A e R\$ 82.434.193 no cenário B, e conforme informações coletadas na entrevista, o cliente não queria extrapolar os gastos disponíveis, sendo assim, a implantação da segunda linha de moenda não seria possível tornar-se um projeto executivo.

Por motivos de confidencialidade, o VPL e o TIR não foram disponibilizados pela empresa, porém os dois projetos foram considerados viáveis e o critério foi optar pelo de menor custo.

Dessa forma, o projeto de desgargalamento tornou-se executivo já que o mesmo atenderia a capacidade de produção esperada pelo cliente e seus gastos estariam dentro do seu orçamento.

## **5 CONCLUSÃO**

Através da metodologia estudada, pôde-se analisar a importância do FEL na gestão de projetos. Os dois projetos estudados aconteceram durante o mesmo período, sendo possível a melhor análise de qual opção o cliente optaria por prosseguir para tornar-se um projeto executivo. Os dados obtidos pelo VPL e TIR, tornava os dois projetos viáveis, porém o fator que determinaria a execução do projeto seria seu custo.

O projeto da implantação da segunda linha de moenda iria propor uma nova moenda para a usina e assim poderia fazer o processamento da cana picada, mas isso acarretaria a um gasto maior do que o disposto pela empresa. Com isso, o projeto do desgargalamento tornou-se mais viável diante das condições financeiras que o cliente estava disposto a pagar.

De acordo com um dos entrevistados, os clientes normalmente optam por opções que trazem resultados a curto prazo, o desgargalamento torna-se viável dessa forma já que além de ser financeiramente mais barato, ampliará a capacidade de produção sem precisar implantar uma segunda linha de moenda.

Portanto, a metodologia FEL se faz eficiente com seus estudos mostrando os riscos, custos e viabilidade do projeto. Por aprofundar dados através do uso da engenharia, o estudo se faz por completo desde seu início até tornar-se um projeto executivo, evitando que grandes gastos financeiros ocorram durante o processo e assim torna-se seguro para o cliente executar.

## REFERÊNCIAS

**ANLIX** (2022) Topologia de rede: o que é, tipos e qual é melhor. Acesso em 27/12/22, disponível em: <https://anlix.io/topologia-de-rede-o-que-e-tipos-e-qual-e-melhor/>

**BARBOSA, P. T e outros.** Metodologia FEL: Sua Importância na Avaliação de Riscos e Redução de Impactos em Escopo, Tempo e Custo de Projetos Complexos de Engenharia. XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. Salvador, 2013.

**CAUCHICK, P. A. M.; SOUSA, R.** (2005) O Método do Estudo de Caso na Engenharia de Produção. Cap 6.

**CONAB**, Companhia Nacional de Abastecimento. (2022). Cana-de-açúcar deve ter aumento de produção na safra 2022/2023. Acesso em 29/06/22, disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4601-cana-de-acucar-deve-ter-aumento-de-producao-na-safra-2022-2023>

**DALFOVO, M.S.; LANA, R.A.; SILVEIRA, A.** Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau, v.2, n.4, p.01-13, Sem II. 2008.

**FERREIRA, A. S.** Utilização da metodologia FEL (*Front End Loading*) no gerenciamento de riscos dos aspectos de segurança de processo em projetos de uma empresa petroquímica na Bahia. – Fundação Getúlio Vargas, Salvador, 2018.

**FERREIRA, G. S.** - Análise e desenvolvimento de projetos de empreendimentos minerais: um estudo de caso sobre a aplicação da metodologia Front End Loading. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

**GIL, A.C.** Como elaborar projetos de pesquisa. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

**KERZNER, H.** – Gestão de Projetos: As melhores Práticas. 3º edição. Porto Alegre: Bookman Editora, 2017

**MERROW, E. W.**- Industrial mega projects. Concepts, Strategies, and Practices for success. Estados Unidos das Américas: Ed. John Wiley & Sons, 2011.

**MORAES, F. R. G.**- Contribuição ao Estudo da Concepção de Projetos de Capital em Mega Empreendimentos. 220 p. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

**MOTTA, O. M.**- Alinhando os objetivos técnicos do projeto as estratégias de negócio: contribuição da metodologia fel no pré-planejamento de grandes empreendimentos. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2011.

**NOVA CANA (2020).** Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas.

Acesso em 30/06/2022, disponível em Nova Cana:

<https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar>

**NOVA CANA (2022).** As usinas de Açúcar e Etanol do Brasil. Acesso em 29/06/2022, disponível em Nova Cana: [https://www.novacana.com/usinas\\_brasil](https://www.novacana.com/usinas_brasil)

**PMBOK** - Project Management Body of Knowledge. PMI – Project Management Institute. 5.ed. Estados Unidos da América: PMI, 2013.

**PMBOK** - Project Management Body of Knowledge. PMI – Project Management Institute. 7.ed. Estados Unidos da América: PMI, 2021.

**RODRIGUES, W; SILVA, Marcelo Pereira da.** (2020) Metodologia FEL aplicada a projetos de capital em empresa do agronegócio. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Gerenciamento de Projetos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina.

**SUNO** (2018). Trade off: o que é? Entenda esse importante conceito econômico. Acesso em 27/12/22, disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/trade-off/>

**THEODORO**, G. S. (2020) Análise do ciclo de vida do etanol produzido em uma destilaria autônoma. Trabalho de Graduação de Engenharia Química- Universidade Federal de São Carlos.

**TONON**, R F. (2013). Modelagem e simulação em plantas de etanol: uma abordagem técnico-econômica. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos.

**WAGO** (2022) Sistemas de I/Os Acesso em 21/12/22, disponível em: <https://www.wago.com/br/sistemas-io>