

**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia Automotiva**

**AVALIAÇÃO DA MELHORIA DA LINHA DE
PRODUÇÃO DE UM REFLETOR DE BMC PARA UM
FAROL AUTOMOTIVO: um estudo de caso.**

**Autor: Renato Lucas Borges José de Carvalho
Orientador: Dra, Suélia Rodrigues Fleury Rosa**

**Brasília, DF
2018**



Renato Lucas Borges José de Carvalho

**AVALIAÇÃO DA MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE UM REFLETOR DE BMC
PARA UM FAROL AUTOMOTIVO: um estudo de caso.**

Monografia submetida ao curso de graduação em engenharia automotiva da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

Orientador: Doutora Suélia Rodrigues Fleury Rosa

**Brasília, DF
2018**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Borges José de Carvalho, Renato Lucas.

Título da Monografia: Avaliação da melhoria da linha de produção de um refletor de BMC para um farol automotivo: um estudo de caso / Renato Lucas Borges José de Carvalho.
Brasília: UnB, 2019. 103 p.38; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2018. Orientação: Dra, Suélia
Rodrigues Fleury Rosa

1. rebarbação. 2. deburring. 3. Linha de produção 3 I. Rodrigues
Fleury Rosa, Suélia. II. Doutora.

CDU Classificação



**AVALIAÇÃO DA MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO DE UM REFLETOR DE BMC
PARA UM FAROL AUTMOTIVO: um estudo de caso.**

Renato Lucas Borges José de Carvalho

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 03/08/2018 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Profa. : Suélia Rodrigues Fleury Rosa, UnB/ FGA
Orientadora

Profa. : Carleide dos Santos Moizinho, UnB/ PPGEB
Membro Convidada

Profa. : Sylvia de Souza Faria, UnB/ PGEA
Membro Convidada

Prof. : Paulo Roberto dos Santos, IFRO
Membro Convidado

Prof. : Marcos Augusto M. Fonseca, UnB/ PPGEB
Membro Convidado

Brasília, DF
2018

Dedico esse trabalho aos meus pais
Waldemar e Elaine, que sempre me
proporcionaram todo o apoio necessário
para que eu sempre obtivesse a melhor
educação possível; aos meus irmãos
Rodolfo e Rafaella pela parceria e amor;

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer aos meus pais Waldemar José de Carvalho Júnior e Elaine Caetano Borges por sempre me proporcionarem todas as oportunidades que estão ao alcance. Sou muito privilegiado de tê-los como pais e sei que sou uma pessoa melhor por isso.

Agradeço também a IAESTE (International Association for the Exchange of Students for Technical Experience) no Brasil e na China por todo o apoio dado durante todo o processo de realização do estágio.

Agradeço ao meu mentor e chefe, Senhor Xu Xiaoping, mais conhecido como Mr. Calm por toda a ajuda e mentoria a mim dada durante a minha estadia na empresa. Tão importante quanto, agradeço ao Senhor Wang Yafei, mais conhecido como Mr. David por me acompanhar e guiar mais de perto para conclusão desse importante projeto.

Agradeço aos meus amigos Li Daoping (Max), Xavier Sanz, Kaja Dobrzanska, Alexander Fast, Dominique Gaschen, Yolanda Kirsch, Piotr Musielski, João Oliveira, Liu Zhengquan (Jarod), e tantos outros por fazerem da minha estadia nesse incrível país muito mais prazerosa.

Por fim, mas claramente não menos importante agradeço a incrível e generosa Professora Dra. Suélia Rodrigues por estar sempre disponível em me auxiliar mesmo que estivéssemos à milhas de distância. Sua orientação foi fundamental para o sucesso desse estágio.

Resumo

O presente trabalho aborda principalmente o processo de manufatura de um refletor automotivo feito de BMC (*Bulk Moulding Compound*) que é produzido atualmente pela *Changzhou Xingyu Automotive Lighting Systems Co. Ltd.*, em um processo complexo de diferentes fases. O foco do estágio era o desenvolvimento de um ferramental para a automação da linha de produção do refletor sendo para isso necessário a criação de ferramentas específicas com o auxílio de software. Os dados necessários para o desenvolvimento foram coletados em diferentes visitas a linha de produção atual do item assim como em algumas pesquisas sobre o tema 'rebarbação'. Após a conclusão do mesmo, são levantadas algumas recomendações para a implementação dessa linha de produção.

Palavras-chave: rebarbação, *deburring*, linha de produção, automação.

Abstract

This current work is mainly conducting the manufacture process of a BMC automotive reflector that is currently produced by Changzhou Xingyu Automotive Lightings Systems Co. Ltd., in a complex process that has many different phases. The focus on my internship was to develop the tooling for the automation of the reflector's production line, being necessary create specific tooling with the help of CAD software. The needed data for the development of the project was collected during many visits to the current production line as well as research over the deburring process. After the conclusion of the project, some recommendations are given in order for the implementation of this production line.

Key words: deburring, production line, automation.

Lista de imagens

- Imagem 1: Sede da Changzhou Xingyu Automotive Lighting Systems Co. Ltd.
- Imagem 2: Linha de produção do Ford T
- Imagem 3: Máquina Extrusora
- Imagem 4: Robô retira a peça da esteira transportadora
- Imagem 5: Sala de Pintura
- Imagem 6: Robô (proteção UV)
- Imagem 7: Linha de montagem
- Imagem 8: Luzes finalizadas
- Imagem 9: Layout das linhas de produção do refletor de BMC (Nova e antiga)
- Imagem 10: Planta da nova fábrica em Foshan
- Imagem 11: A peça pré-rebarbação
- Imagem 12: Processo de rebarbação
- Imagem 13: ferramentas
- Imagem 14: Limpeza com água em alta pressão
- Imagem 15: Metalização
- Imagem 16: PMMA Vermelho.
- Imagem 17: Peças para reciclagem
- Imagem 18: Peça projetada no UGS NX
- Imagem 19: Vista frontal da turbina
- Imagem 20: Vista traseira da turbina
- Imagem 21: Vista frontal do Refletor
- Imagem 22: Vista traseira do refletor
- Imagem 23: Primeira versão da ferramenta
- Imagem 24: Ferramental no refletor
- Imagem 25: Avanço do desenvolvimento do ferramental
- Imagem 26: Vista lateral
- Imagem 27: Vista superior
- Imagem 28: Ferramental em sua versão final
- Imagem 29: Vista Lateral do ferramental final
- Imagem 30: Vista Traseira
- Imagem 31: Vista Inferior
- Imagem 32: Versão final do ferramental
- Imagem 33: Ferramental no refletor
- Imagem 34: Visão lateral
- Imagem 35: Visão frontal

Imagem 36: Visão traseira

Imagem 37: Visão inferior

Imagem 38: Ferramental instalado no robô

Imagem 39: Vista lateral do ferramental no robô

Imagem 40: Linha de produção do refletor 2SE

Imagem 41: Sala de rebarbação

Imagem 42: Vista superior da área de extrusão, rebarbação, desionização, limpeza e tratamento contra raios UV

Lista de Tabelas:

Tabela 1: Processos de Limpeza e seus respectivos tempos de duração

Sumário

1. Introdução	11
1.1. Problematização	11
1.2. Objetivos	12
1.2.1. Objetivo geral	12
1.2.2. Objetivo específico	12
1.3. Justificativa	12
2. Referencial Teórico	12
2.1. Conceitos e a história da empresa	12
2.2. Dinâmica e mecanismos da linha de produção	13
2.3. Adoção da automação de linhas de produção automotivas	14
2.4. A melhoria na eficiência da produção	15
3. Metodologia	16
3.1. Tipo e descrição geral da pesquisa	16
3.2. Caracterização do caso	17
3.3. Caracterização dos instrumentos de pesquisa	17
3.4. Procedimento de coleta e de análise de dados	18
4. Resultados e discussão	21
4.1. O caso	21
4.2. Observações do projeto	22
4.3. Processo de aprendizagem	23
4.4. Discussão dos resultados	25
5. Considerações finais	35
Referências bibliográficas	37

Introdução

Problematização

A história deste trabalho tem início com a intenção de fazer um estágio no exterior. Após pesquisar por oportunidades, descobri a IAESTE, organização presente em mais de 50 países que promove o intercâmbio entre estudantes dos países membros visando exclusivamente a experiência profissional. Após algumas ofertas, consegui a vaga para trabalhar em uma empresa na China, numa área que tem a ver com o curso, o que era o mais importante. A empresa, da qual explicarei mais adiante, produz todos os tipos de lâmpadas automotivas e se mostrou como uma ótima oportunidade para o meu crescimento profissional e pessoal.

O objetivo com esse estágio sempre foi ganhar a experiência prática tão necessária para a formação e ao mesmo tempo conhecer o país que muito em breve se tornará a maior economia do mundo. Mesmo não tendo trabalhado em uma indústria no Brasil, pode-se notar a dinâmica operacional de uma empresa totalmente chinesa e perceber o quão diferente essa maneira de trabalho é se comparada ao Brasil. Após uma primeira semana em que puderam-se conhecer as instalações da empresa assim como o processo produtivo de diversas lâmpadas, como por exemplo toda a produção da chamada “fog Lamp” que é basicamente dividida em três etapas: extrusão, tratamento de superfície e montagem, foi-se designado o nosso departamento e pode-se enfim conhecer o projeto que iria trabalhar inicialmente.

Este trabalho consistiria em melhorar a atual linha de produção de um refletor de BMC para um farol automotivo, com foco na sala de rebarbação, que sozinha seria responsável por reduzir drasticamente o uso de força manual dentro da linha de produção.

O projeto designado tinha por objetivo implementar a automatização de uma linha de produção específica que será instalada na nova fábrica da empresa. Essa linha seria responsável pela produção de um refletor feito de BMC, e que dentre as melhorias a serem efetuadas, teria uma redução drástica do uso de trabalhadores, com no máximo de 1 trabalhador para a linha inteira, além de um processo se não totalmente, quase totalmente automatizado.

O foco do projeto em si seria para a sala de ‘deburring’, atividade que hoje é exercida manualmente e que durante todo o processo de limpeza da peça após a extrusão e antes do início do tratamento de superfície, leva muito tempo. Esse processo de ‘deburring’ seria então feito de forma automática por um robô e todo o processo de limpeza da peça seria feito rapidamente e automaticamente na esteira de transição entre a extrusão e o início do tratamento de superfície.

Objetivos

Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar a melhoria na linha de produção de um refletor de BMC para um farol automotivo de forma a torná-la automatizada tendo o seu foco na sala de rebarbação.

Objetivos Específicos

1. Avaliar a condição da Linha de Produção em questão
2. Desenvolver o ferramental para a sala de rebarbação
3. Propor melhorias para a linha de produção em questão

Justificativa

Os resultados obtidos neste trabalho podem auxiliar a empresa em questão a tornar outras linhas de produção de suas fábricas mais autônomas e rentáveis a médio e longo prazo.

Referencial Teórico

Conceitos e a História da Empresa

A rebarbação é um processo realizado na indústria onde o excesso de material proveniente de outro processo, como por exemplo a extrusão, é retirado da peça seja manualmente ou automatizado. Nesse processo de rebarbação, existem diversas fases para que a peça seja de fato “limpa”. Em minha experiência na empresa, pude ver que após a retirada do molde na extrusora, a peça é retirada manualmente por um primeiro funcionário que inicia o processo de retirada de excesso de material, repassa essa peça a um segundo funcionário que termina essa fase inicial e as coloca na esteira para a terceira fase de preparação da peça para o processo de proteção contra raios UV e aluminização. Nessa terceira etapa, outro funcionário coloca as peças em uma máquina que realiza a lavagem em alta pressão e após a entrega a um quarto funcionário que as colocarão na máquina de lavagem ultrassônica. Após essa segunda lavagem, elas vão para um forno onde a secagem é realizada e por último, passa por

um polimento e uma limpeza a ar pressurizado antes de ir para a máquina que realiza a proteção UV.

A Changzhou Xingyu Automotive Lightings Systems Co. Ltd., tem a sua fundação em 1993 como uma pequena fábrica de componentes automotivos como triângulos de sinalização entre outros, com aproximadamente 20 funcionários, e fica localizada hoje no distrito nacional de alta tecnologia de Changzhou. Em pouco mais de 20 anos de existência, a companhia conseguiu se tornar uma das líderes não só nacionais como mundiais na produção de luzes automotivas na indústria automobilística. Hoje com aproximadamente 4300 funcionários e 5 fábricas, ela produz desde os complexos faróis e lanternas às pequenas luzes como luzes de leitura, de porta, de porta-malas, etc., tendo uma produção anual superior a 40 milhões de unidades dessas diferentes lâmpadas.

Como parte integrante da indústria automobilística, a Xingyu Lighting tem entre seus principais clientes companhias como BMW, Audi, Volkswagen, Toyota, Nissan, Honda, Chery, entre outras, produzindo tanto para o mercado doméstico quanto internacional para países como os EUA, Brasil, e Alemanha. A empresa é acreditada como uma companhia nacional chinesa de alta tecnologia possuindo também um centro nacional de testes e um centro tecnológico. Em 2016 a Changzhou Xingyu Automotive Lightings Systems Co. Ltd., teve um rendimento de 3.5 bilhões de Yuan, aproximadamente 1.7 bilhões de reais e prevê um rendimento bruto de 10 bilhões de Yuan, aproximadamente 4.8 bilhões de reais dentre os próximos 5 anos.



Imagem 1: Sede da Changzhou Xingyu Automotive Lighting Systems Co. Ltd.

Dinâmica e Mecanismos da linha de produção

A linha de produção estudada é a responsável por produzir o refletor de um farol automotivo feito de material BMC (*bulk molding compound*). A produção começa com a extrusão da peça na máquina extrusora. O processo de extrusão é um processo de conformação mecânica de materiais plásticos. No caso da fábrica em questão, o processo é chamado de moldagem por injeção. O processo começa quando o material termoplástico, normalmente *pellets*, é colocado na máquina injetora onde são aquecidos até a ocorrência da fusão do material. Esse material fundido é então injetado em um molde específico para cada peça.

Após a extrusão do material, ele é retirado do molde por um funcionário e colocado em uma mesa para que o processo de rebarbação comece. Esse funcionário começa então um processo de raspagem externa da peça para que os excessos de material provenientes da injeção, possam ser retirados. Na linha de montagem do refletor de BMC da qual este trabalho fala, outro funcionário pega então a peça e realiza o mesmo processo mas para os orifícios internos da peça. Após isso, os refletores seguem com um terceiro funcionário que os coloca para a lavagem em alta pressão com água. Essas peças são então colocadas em uma esteira e levadas para uma máquina que realiza uma lavagem ultrassônica. Essa lavagem consegue esterilizar as peças que então são colocadas num aquecedor industrial e que por último são retiradas por funcionários que realizam os dois últimos processos de limpeza, polimento e escovação com jato de ar.

Adoção da automação em linhas de produção automotivas: Uma breve história

As produções de produtos manufaturados eram até a Revolução Industrial, feitas de forma artesanal com funcionários se especializando em produzir partes do produto. No mundo automobilístico tudo começou a mudar quando Henry Ford começou a usar plataformas móveis que faziam com que o veículo andasse pela linha de produção, acelerando o ritmo da linha e por fim, produzindo mais veículos. Usando esse método, o Model T, veículo responsável por popularizar os automóveis, poderia ser produzido a cada 90 minutos. Desde então, Ford é conhecido como o pai da produção em massa do automóvel.



Imagem 2: Linha de produção do Ford T

Durante as décadas de 1950 e 1960, a indústria automobilística começou a experimentar a adoção da robótica na linha de produção. A General Motors tinha, em 1961, o seu próprio braço robótico responsável por ajudar na linha de produção de seus veículos. Em meados da década de 1970, foi criado por um engenheiro de Stanford chamado Victor Scheinmann, um braço robótico que poderia operar de forma sistemática e repetitiva em até seis eixos.

Hoje em dia, a automação das linhas de produção se torna cada vez mais sofisticada e necessária em um mundo onde as demandas dos consumidores são mais exigentes e tem um tempo de duração mais curto do que antigamente. Isso porém não acabou com a manufatura na indústria automobilística. Em veículos luxuosos e esportivos, o trabalho manual dos funcionários mais experientes é de extrema relevância aumentando assim o valor agregado do produto. Na fábrica da Xingyu Automotive Lighting Systems, a automação da linha de produção visava claramente uma redução tanto nos custos de produção a médio/longo prazo, quanto nos possíveis erros de produção causados por humanos além é claro, da redução no tempo de produção.

A melhoria na eficiência da produção

Na fábrica da Xingyu Automotive Lighting Systems a simples linha de produção de um dos refletores de BMC fabricados, utilizava até 7 funcionários para a realização da limpeza da peça antes da mesma seguir para a estação de tratamento contra raios UV. Todo esse processo seria reduzido para até um funcionário por linha de produção do refletor, até antes do processo de proteção contra raios UV. Esse funcionário seria responsável por retirar a peça da esteira proveniente do processo de rebarbação e colocá-la na fase de proteção contra raios UV. Todas as fases relatadas anteriormente, seriam realizadas ou por um braço robótico, caso da rebarbação, ou pela esteira automatizada. Algumas das ações atualmente existentes como por exemplo a lavagem em alta pressão e a lavagem ultrassônica seriam descartadas devido à automatização e conseqüente melhoria do processo.

Metodologia

Tipo e descrição geral da pesquisa

A metodologia científica é um processo por qual cientistas esforçam-se para descrever de forma acurada o mundo em que vivemos. Crenças culturais e pessoais influenciam as nossas observações. Devido a esse fato, estabeleceram-se normas e

parâmetros para minimizar essa influência na construção de teorias. Em resumo, a metodologia científica tem por fim minimizar a influência de fatores externos enquanto teorias e experimentos são conduzidos. A metodologia científica tem quatro passos:

1. Observação do fenômeno ou grupo de fenômenos;
2. Formulação de hipóteses para explicar o fenômeno;
3. Uso de hipóteses para prever novos fenômenos ou quantificar novos resultados;
4. Realização de testes experimentais das previsões por diversos experimentadores independentes.

Se os experimentos confirmam as hipóteses, ela pode vir a ser considerada como uma teoria ou lei da natureza. Caso contrário, ela deve ser rejeitada ou revista.

O delineamento da pesquisa pode-se dar em 3 tipos de pesquisas: exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa exploratória visa criar maior familiaridade com o caso ou fenômeno seja por meio de um levantamento bibliográfico e documental ou de entrevistas não padronizadas, estudo de caso, entre outras técnicas. A pesquisa descritiva visa descrever a relação entre fenômenos observados e fatos, a fim de quantificá-lo. Por último, a pesquisa explicativa visa aprofundar o conhecimento no assunto, já que visa explicar o porquê do fenômeno.

Caracterização do caso

O caso em questão, automatização da linha de produção de um refletor de BMC, é uma pesquisa exploratória quantitativa já que para a realização do projeto, tive de realizar diversas visitas a linha de produção para coletar dados como tempo de produção, número de funcionários, custo da peça, entre outros.

Essas visitas se deram sempre acompanhadas por um supervisor pelas áreas da linha de produção e que realizava a tradução das perguntas aos funcionários da fábrica. A amostra da população de refletores para a contagem do tempo de produção se deu de forma não probabilística e por conveniência, já que os locais com que eu tinha acesso eram restritos e dependia da facilidade de acesso.

Caracterização dos instrumentos de pesquisa

A observação é segundo Marconi e Lakatos (2003) “uma técnica de coleta de dados para conseguir informações e utilizar os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar”.

Ainda segundo Marconi e Lakatos (2003) a observação apresenta as seguintes vantagens e limitações:

1. Vantagens: pode estudar uma ampla variedade de fenômenos por meios diretos e satisfatórios; dados que não são contemplados em questionários e entrevistas, podem ser colhidos;
2. Limitações: a coleta de dados pode ser dificultada devido ao fato de que os acontecimentos podem ocorrer simultaneamente; os observados podem mudar o seu comportamento devido à presença do pesquisador; imprevistos podem interferir no trabalho do pesquisador.

Por entrevista, Gil (1999) a conceitua como uma interação social, mais especificamente uma forma de diálogo em que uma parte coleta dados e a outra é a fonte da informação. Segundo Marconi e Lakatos (2003) as vantagens e limitações da entrevista são:

1. Vantagens: flexibilidade, já que o entrevistador pode explicar as perguntas e adaptá-las para o entendimento do entrevistado; o entrevistado não precisa saber ler nem escrever; possibilita observar a expressão corporal do entrevistado, analisando assim se há incoerências nas respostas.
2. Limitações: grau de controle diminuto em relação à coleta de dados; gasta-se muito tempo; não entendimento do entrevistado com relação às perguntas; falta de motivação do entrevistado; fornecimento de respostas falsas ou a não apresentação de dados relevantes.

Procedimento de coleta e análise de dados

A coleta de dados se deu por meio de visitas guiadas à linha de produção e entrevistas informais aos funcionários da empresa, sempre em inglês e traduzidas do mandarim. Como a pesquisa teve um caráter qualitativo, os dados foram analisados a fim de ter seus significados a serviço do projeto.

Em relação às fases do do processo de produção do refletor de BMC, elas são as seguintes:

1. Extrusão;
2. Limpeza/Rebarbação;
3. Tratamento contra raios UV;
4. Aluminização;
5. Montagem.



Imagem 3: Máquina Extrusora



Imagem 4: Robô retira a peça da esteira transportadora Imagem 5: Sala de Pintura



Imagem 6: Robô (proteção UV) Imagem 7: Linha de montagem Imagem 8: Luzes finalizadas

O foco do trabalho será a fase de limpeza/rebarbação, essa atualmente consiste nos seguintes passos:

1. Rebarbação externa e interna, se necessária;
2. Lavagem em alta pressão;
3. Limpeza ultrassônica;
4. Secagem;
5. Polimento;
6. Escovação a jato.

A seguir pode-se ver uma tabela com o passo-a-passo do todo o processo de produção da peça até antes dela entrar para o início do preparo para o tratamento contra raios UV, com os seus respectivos tempos aproximados de duração para que fosse calculado o tempo total para a limpeza da peça:

Processo	Tempo Trabalhador 1	Tempo por par de peça
1 - Extrusão Realizada por: Trabalhador 1	43s + 15s (transferência para a rebarbação) (2 peças)	58s/par
2 - Rebarbação Realizada por: Trabalhador 1 e 2	50s externo (2 peças) + 10s interno (2 peças)	60s/par
3 - Lavagem em alta pressão Realizada por: Trabalhador 3	75s (12 peças)	12.5s/par
4 - Limpeza ultrassônica Realizada por: Trabalhador 4	+/- 600s (28 peças)	+/- 45s/par

5 - Secagem Realizada por: Trabalhador 4	+/- 600s (12 peças)	+/- 100s/par
6 - Polimento Realizada por: Trabalhador 5 e 6	10s (2 peças)	10s/par
7 - Escovação a jato de ar Realizada por: Trabalhador 7	15s (2 peças)	15s/par
	Tempo total por par	+/- 300s

Tabela 1: Processos de Limpeza e seus respectivos tempos de duração

Como pode-se ver na tabela, a produção de um par de refletores leva até 300 segundos para ser limpa antes da preparação contra raios UV. Todo esse tempo gera custos maiores para a empresa que até então realiza esse processo de limpeza quase que manualmente.

Resultados e Discussão

O caso

Depois de terminar as visitas à fábrica do refletor, discutiu-se sobre qual seria o próximo passo para a conclusão do projeto. Foi-se aconselhado a começar o planejamento em AutoCAD do layout da linha de produção do refletor de BMC.

Começando por montar na mesma linha, todos os ventiladores à vácuo e também os removedores de eletricidade estática e multiplicá-los por 3, pois esses processos estavam separados anteriormente e poderiam ser realizados conjuntamente. Após esse passo, mudou-se o layout da sala de rebarbação, tópico principal do projeto, removendo as ferramentas pré-existentes para cortar o bico injetor e incluindo na mesma área uma simples faca que não só cortaria os bicos injetores do peça que acabara de ser extrusada como também iniciaria o processo de rebarbação ao remover as maiores partes de material extra da peça extrusada.

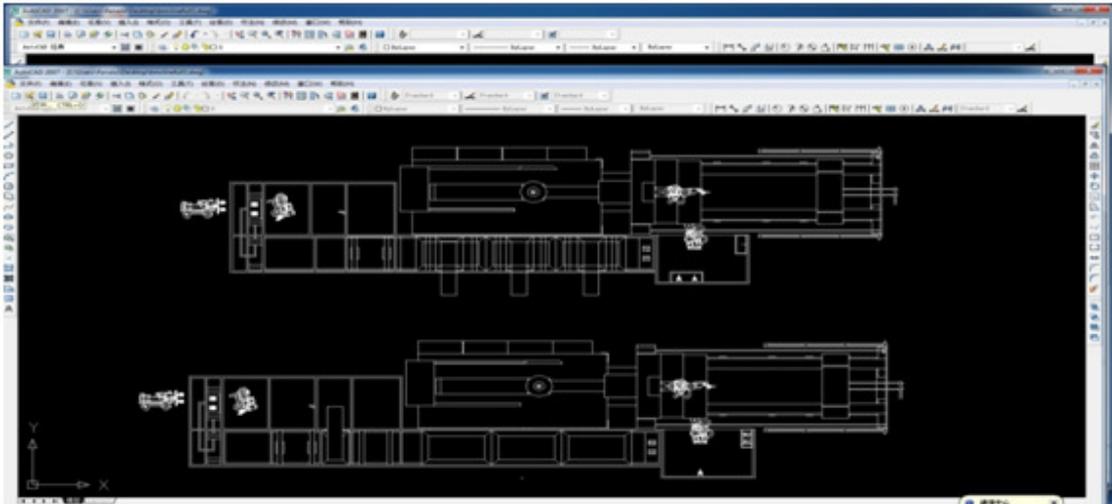


Imagem 9: Layout das linhas de produção do refletor de BMC (Nova e antiga)

Após isso, projetou-se o design da segunda ferramenta para um formato que seria mais próximo a uma lixa a fim de limpar as bordas da peça e também duplicou-se essa ferramenta para que elas pudessem trabalhar em áreas diferentes da peça. Acrescentaram-se também caixas de descarte embaixo das ferramentas a fim de facilitar o manuseio do lixo após o processo. O tamanho final da linha de produção foi reduzido já que algumas salas foram retiradas devido ao reajuste de local de alguns itens.

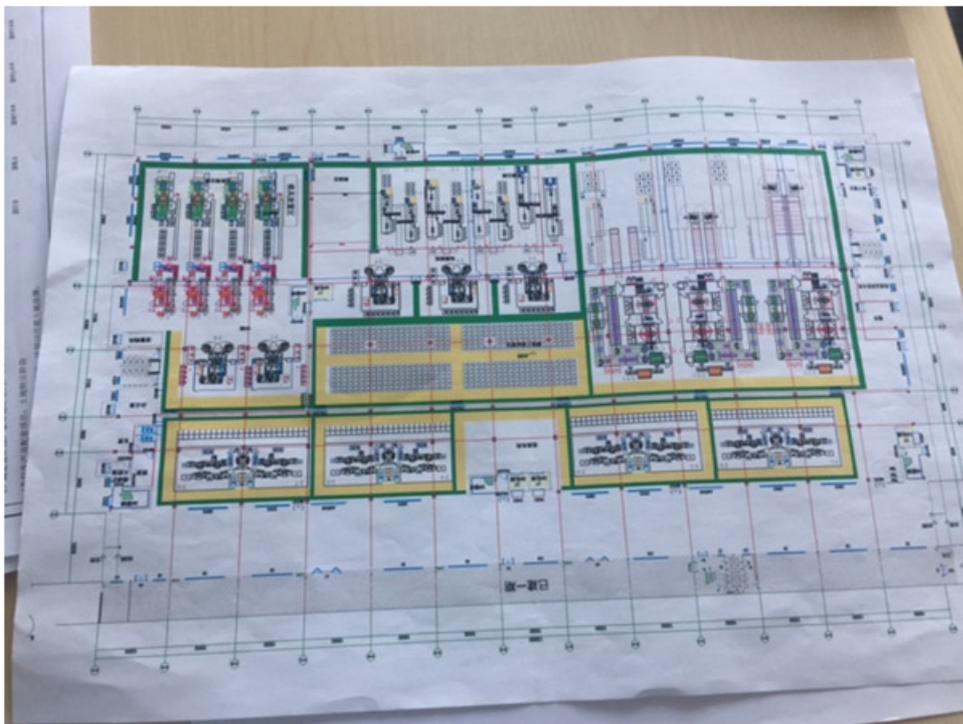


Imagem 10: Planta da nova fábrica em Foshan

Observações do projeto

O projeto, como dito, tem o enfoque na sala de rebarbação. O projeto tem a finalidade de desenvolver o ferramental do robô que retiraria a peça da extrusão e iniciará o processo de rebarbação e posteriormente colocará a peça na esteira para a realização da remoção da energia estática e limpeza à vácuo pelos ventiladores.

Esse enfoque foi criado devido também ao tempo restritivo do estágio e que não possibilitaria trabalhar em um projeto mais complexo, do que além do desenvolvimento do ferramental do robô que realizará o processo de rebarbação.



Imagem 11: A peça pré-rebarbação Imagem 12: Processo de rebarbação Imagem 13: ferramentas

Processo de aprendizagem

Começou-se pela fábricas de faróis onde pode-se conhecer mais especificamente a linha de produção do refletor feito de BMC, produto principal do projeto.

Os passos de produção do refletor visitado na fábrica de faróis são os seguintes:

- Extrusão com BMC
- Processo de 'deburring'
- Limpeza com água em alta pressão
- Limpeza sônica
- Secamento no forno
- Lixamento e escovação com jato de ar
- Pulverização de tinta
- Aplicação da camada de proteção contra raios UV.
- Aluminização
- Montagem e entrega

Após a visita à fábrica de faróis, visitou-se a planta de ferramentas, a fábrica de lanternas e a fábrica de lâmpadas pequenas mais uma vez. Os materiais usados para a extrusão são:

Preto (PC = Policarbonato), vermelho e branco (PMMA = Polimetilmetacrilato)



Imagem 14: Limpeza com água em alta pressão Imagem 15: Metalização



Imagem 16: PMMA Vermelho. Imagem 17: Peças para reciclagem

Como parte do processo de aprendizado na Xingyu Lighting, foi-se até o departamento de ferramentas para começar a aprender a usar alguns dos softwares usados aqui na empresa. Um deles é o UGS NX. Uma vez lá e após uma breve introdução dos comandos, pediu-se para descer até a fábrica de ferramentas e procurar por algo que poderia tentar ser projetado. A escolhida foi uma pequena peça de metal e esse é o resultado:

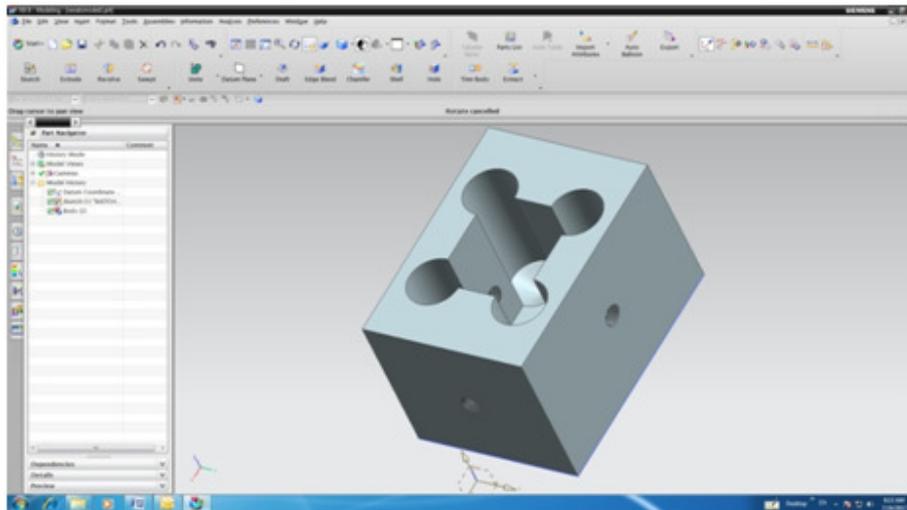


Imagem 18: Peça projetada no UGS NX

Também foi lido um tutorial inteiro sobre o software antes de iniciar o projeto. Como resultado desse estudo, fez-se as diferentes partes dessa turbina assim como o 'assembly' final dela:

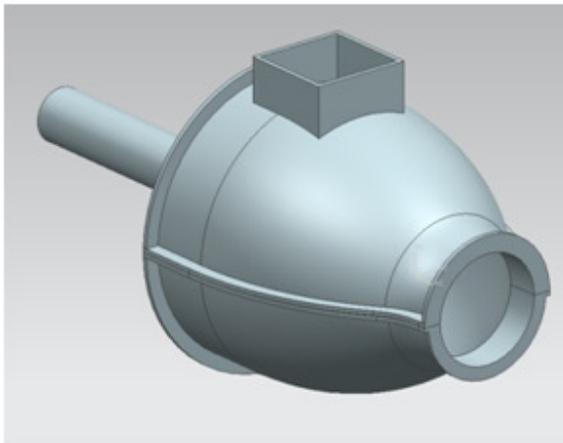


Imagem 19: Vista frontal da turbina

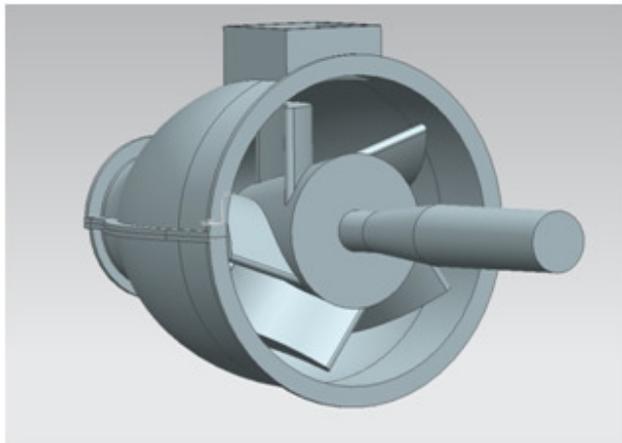


Imagem 20: Vista traseira da turbina

Discussão dos resultados

Após a fase anterior, começou-se a discutir qual forma a 'mão' do robô teria de ter. Depois de muitas opiniões chegou-se a conclusão que para sacar a peça do molde, o robô teria de usar ventanas para estabilizá-la e também que a ferramenta seria como uma luva inversa que cobriria o contorno do refletor. Assim, o refletor seria retirado do molde e preparado para o processo de rebarbação. Começou-se então a projetar a

parte do ferramental da sala de rebarbação, começando pelas 'mãos' dos robôs. O refletor a ser retirado do molde da extrusora é mostrado a seguir:

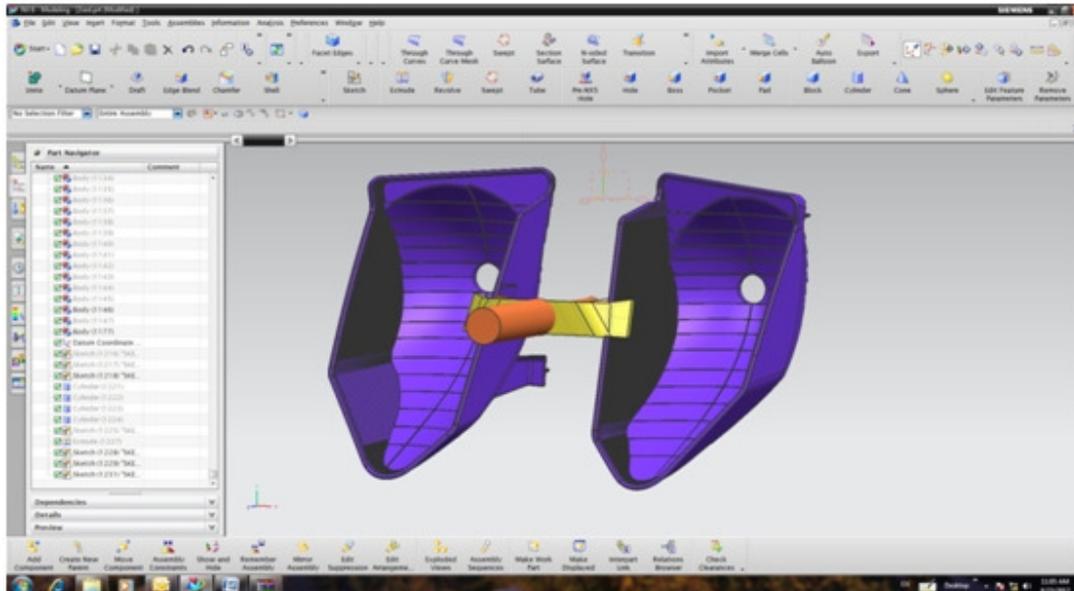


Imagem 21: Vista frontal do refletor

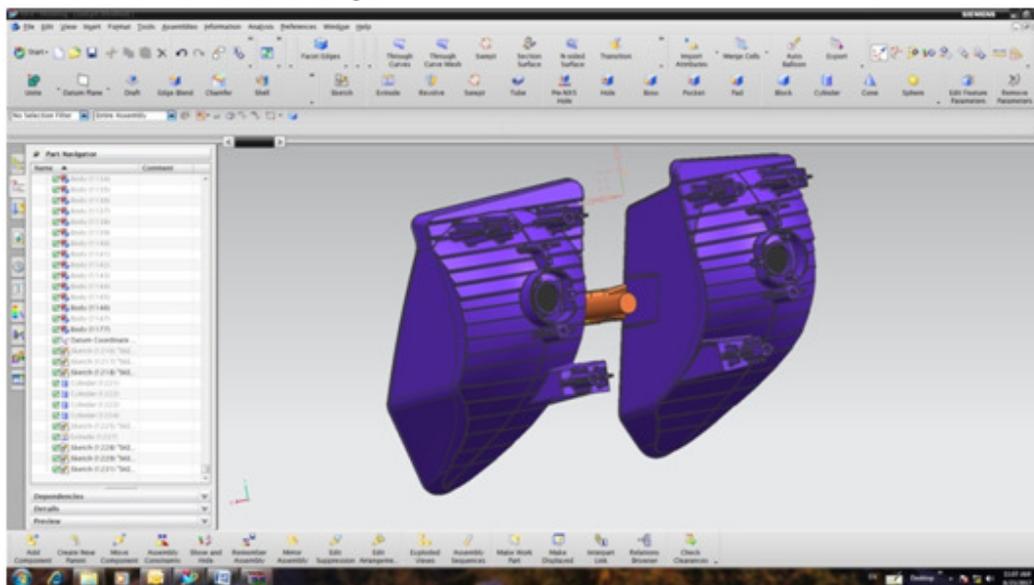


Imagem 22: Vista traseira do refletor

Começa-se por extrair toda a lateral interna do refletor assim como algumas 'células' da parte de dentro que serviriam para apoiar as ventanas. Após extraí-las, teve-se que começar a prolongar as faces até que houvesse área suficiente para que pudesse-se começar a adequá-las a forma do refletor.

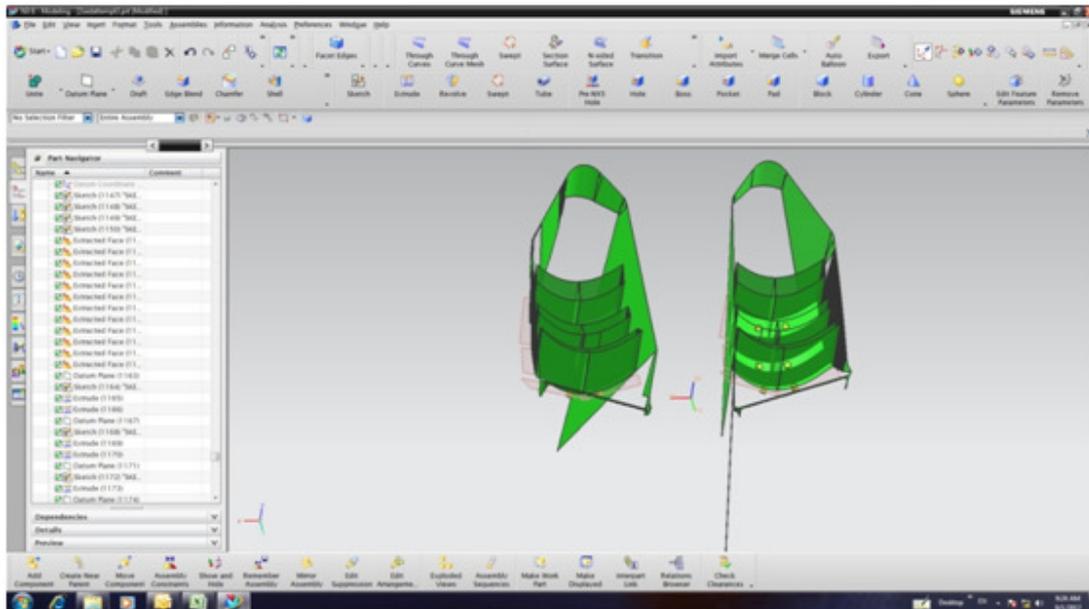


Imagem 23: Primeira versão da ferramenta

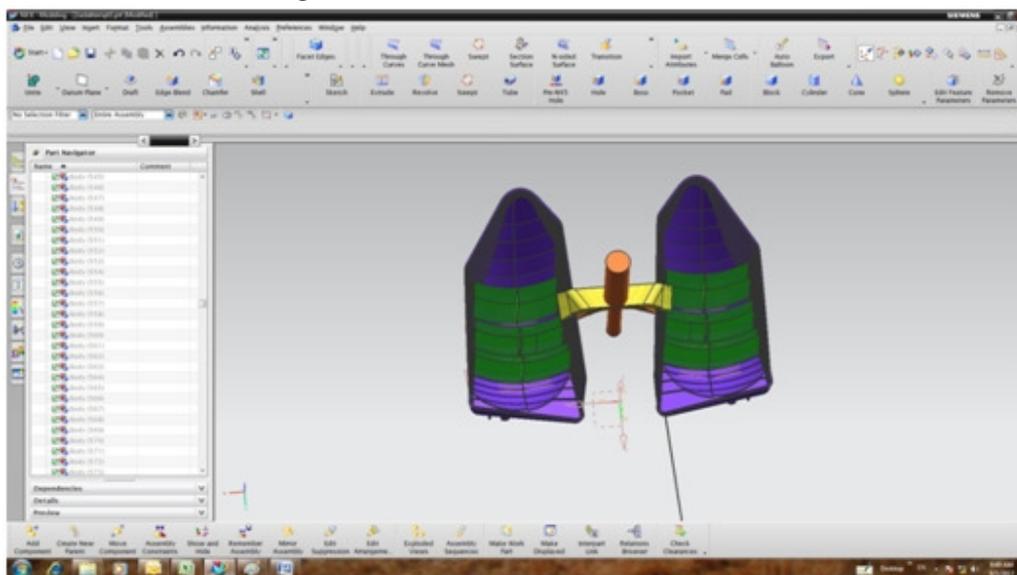


Imagem 24: Ferramental no refletor

Após essa fase, extrai-se mais uma vez algumas outras faces do refletor a fim de criar uma 'tampa' para o mesmo que depois de algumas semanas de trabalho ficou como mostra a figura a seguir:

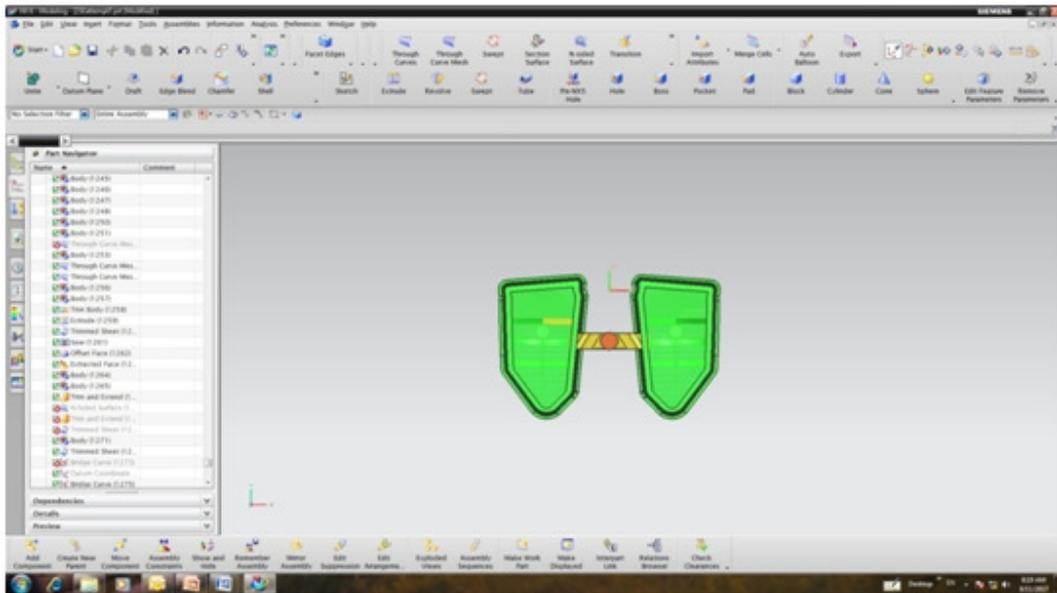


Imagem 27: Vista superior

A próxima parte seria finalizar a ferramenta prolongando os sólidos que possuem as ventanas e alongando ainda mais as laterais a fim de criar a peça finalizada como pode-se ver a seguir:

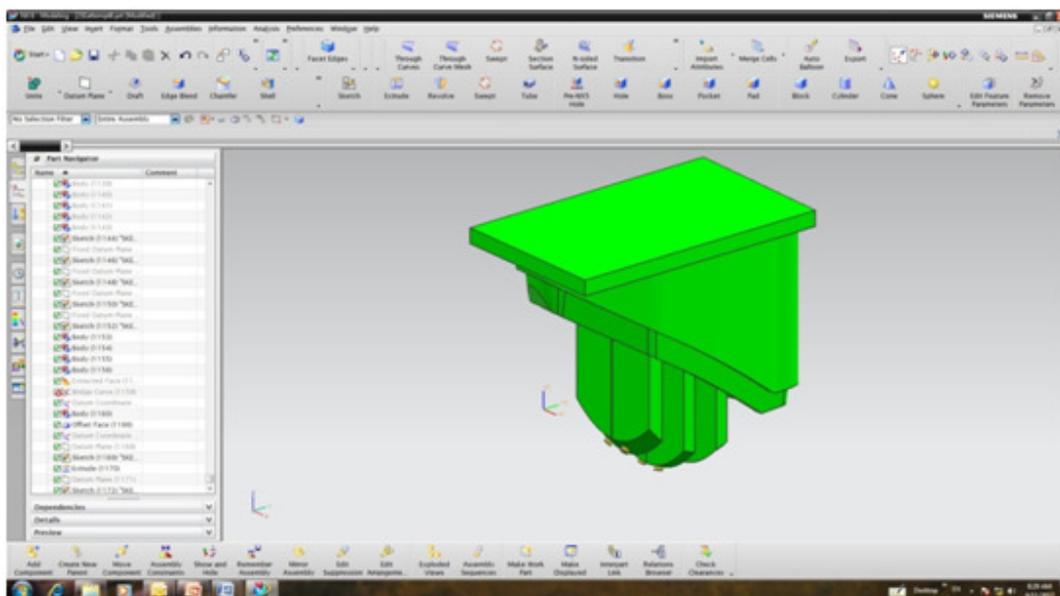


Imagem 28: Ferramental em sua versão final

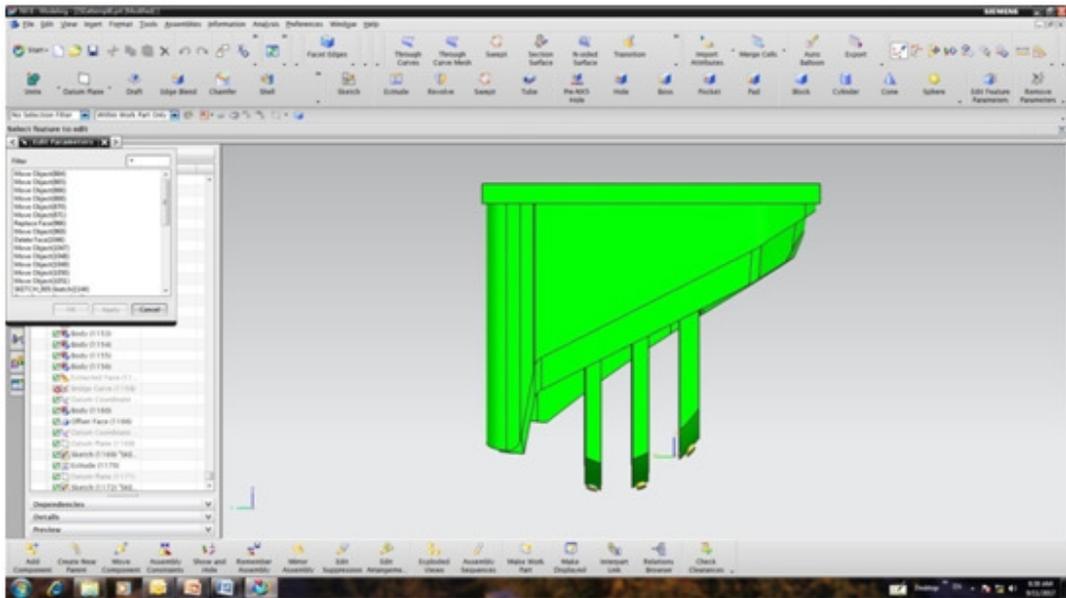


Imagem 29: Vista Lateral do ferramental final

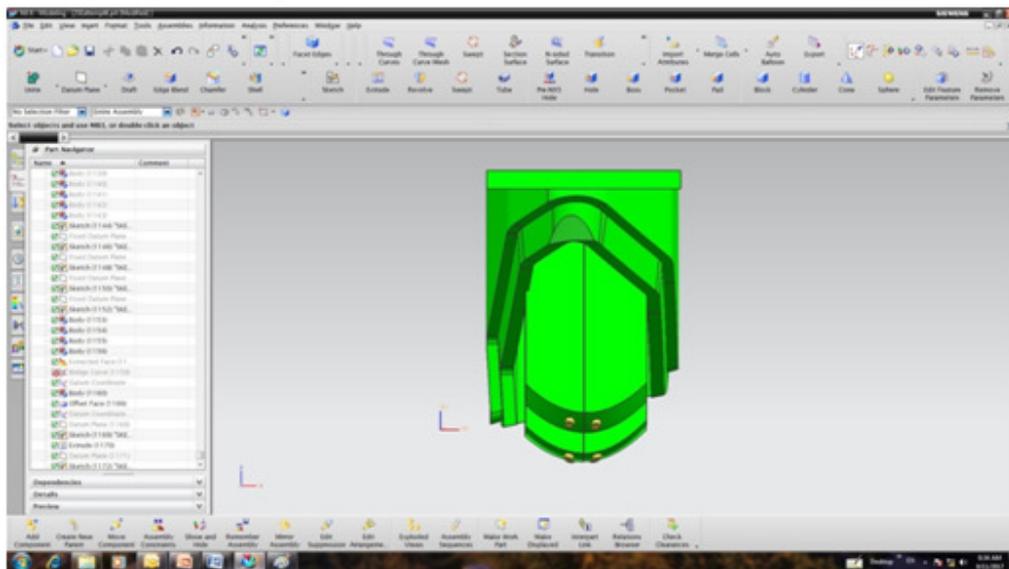


Imagem 30: Vista Traseira

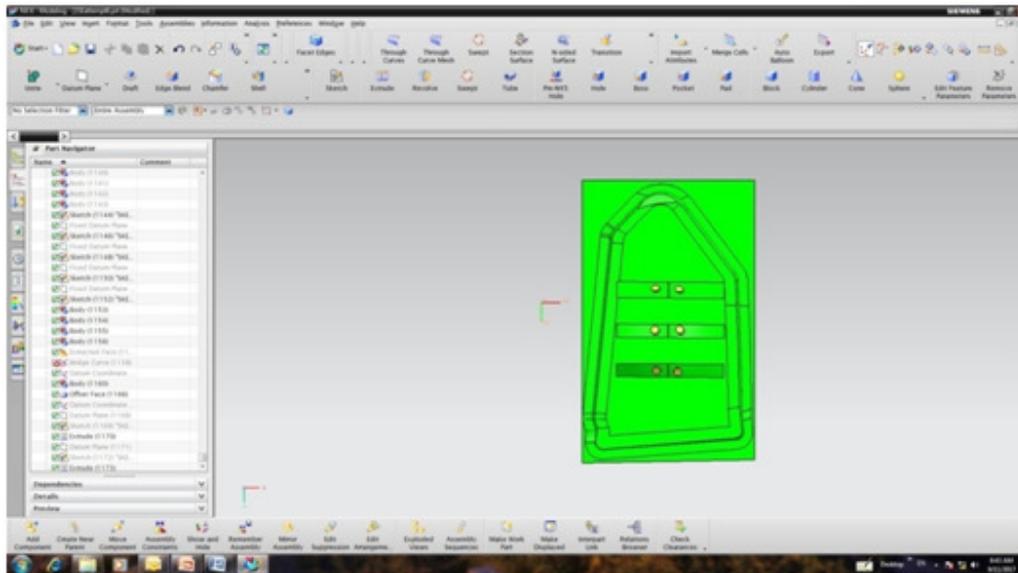


Imagem 31: Vista Inferior

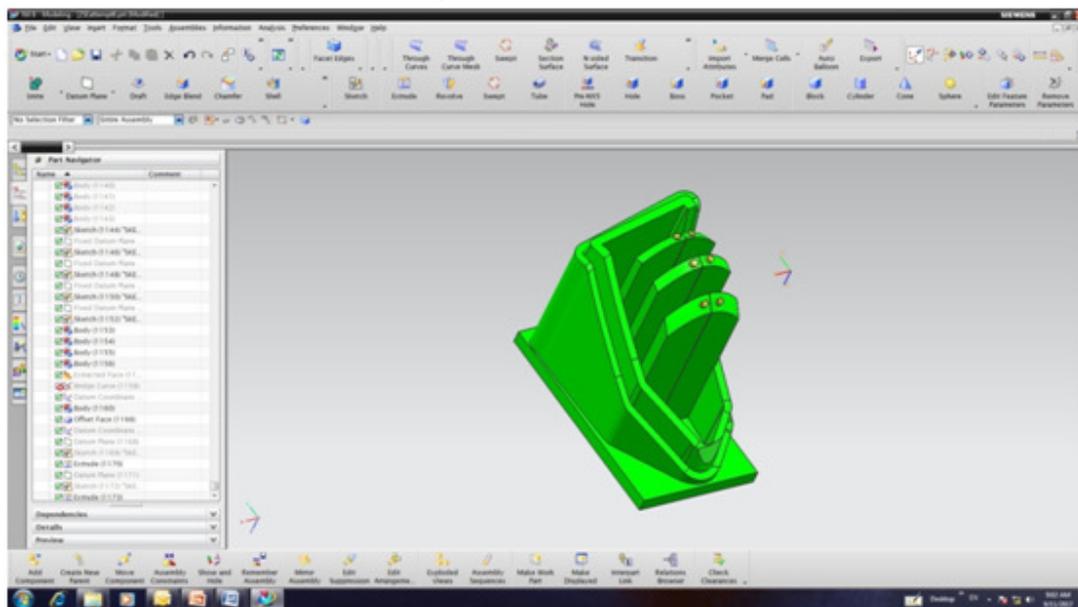


Imagem 32: Versão final do ferramental

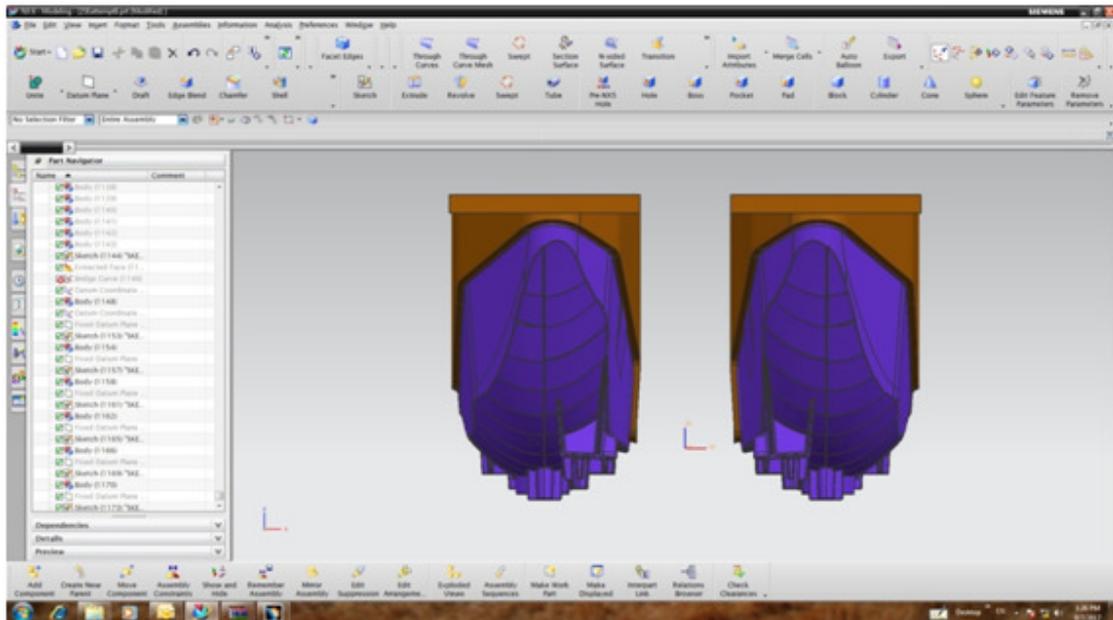


Imagem 35: Visão frontal

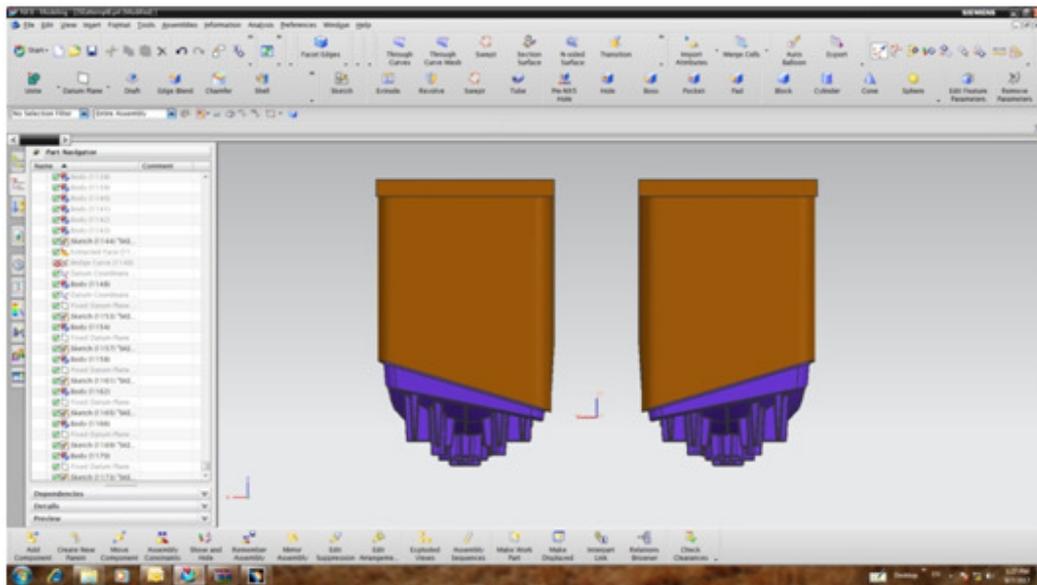


Imagem 36: Visão traseira

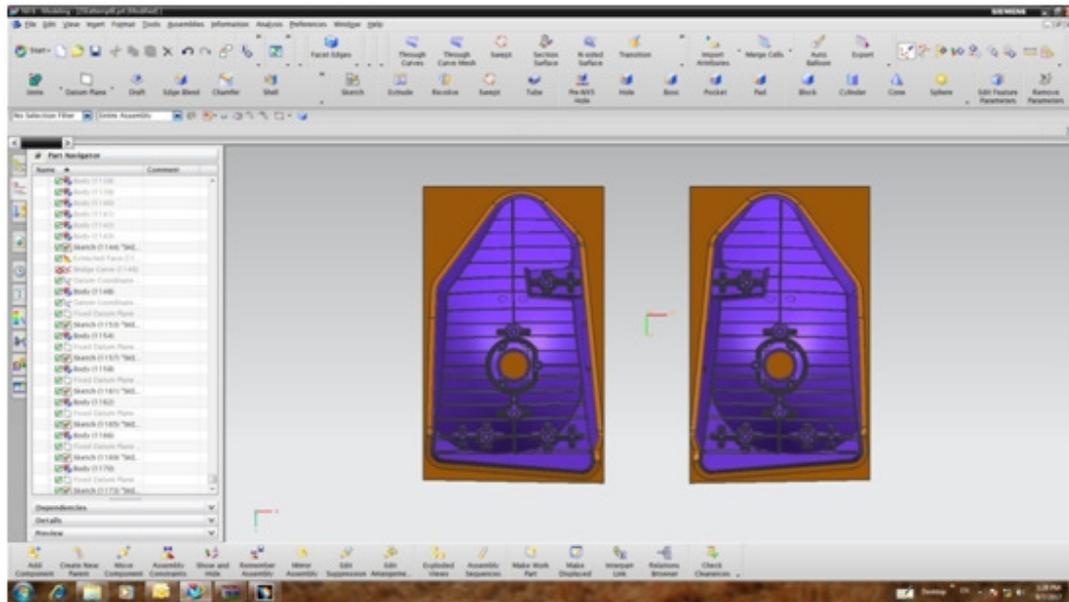


Imagem 37: Visão inferior

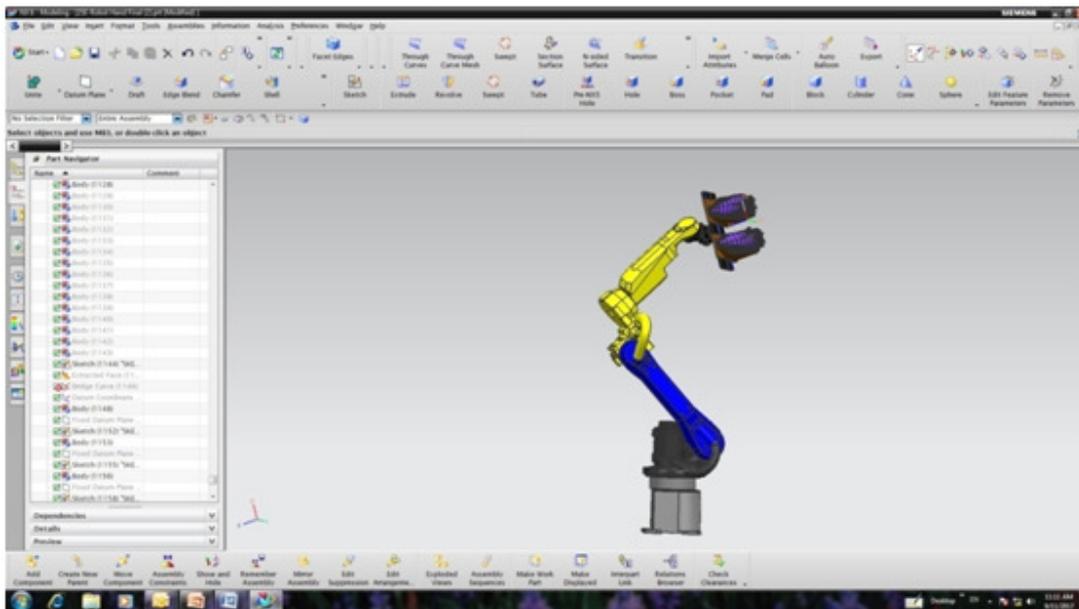


Imagem 38: Ferramental instalado no robô

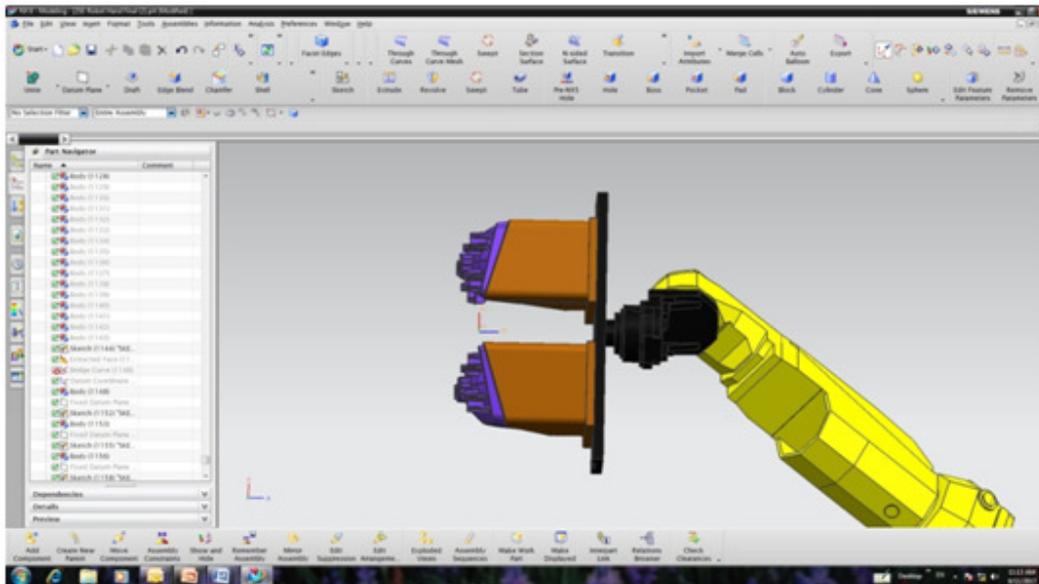


Imagem 39: Vista lateral do ferramental no robô

Considerações Finais

Com a finalização do desenvolvimento do ferramental para o robô, montou-se o mesmo no arquivo de CATIA que possui a linha de produção completa do refletor 2SE de BMC. Como pode-se ver nas imagens a seguir, são necessários, nessa primeira fase da produção, 2 robôs: 1 para retirar a peça da extrusora, realizar o processo de rebarbação e colocá-la na esteira para o início do tratamento de superfície, e um outro robô para retirar a peça da esteira, tingí-la com spray para protegê-la dos raios UV e colocá-la em outra esteira que fará a conexão com a parte de metalização do refletor.

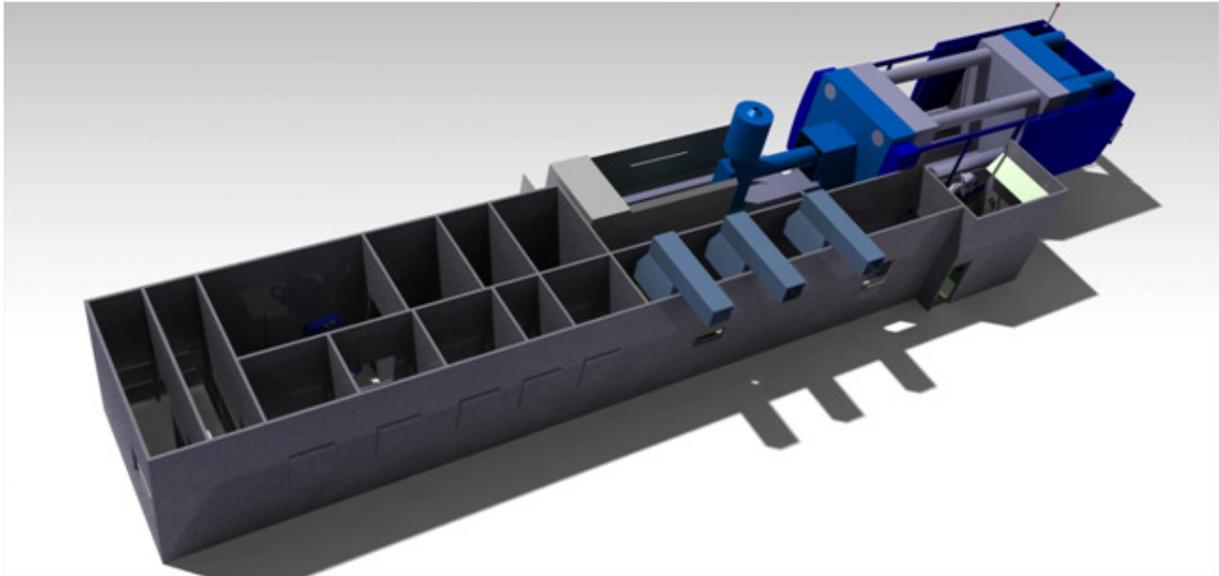


Imagem 40: Linha de produção do refletor 2SE

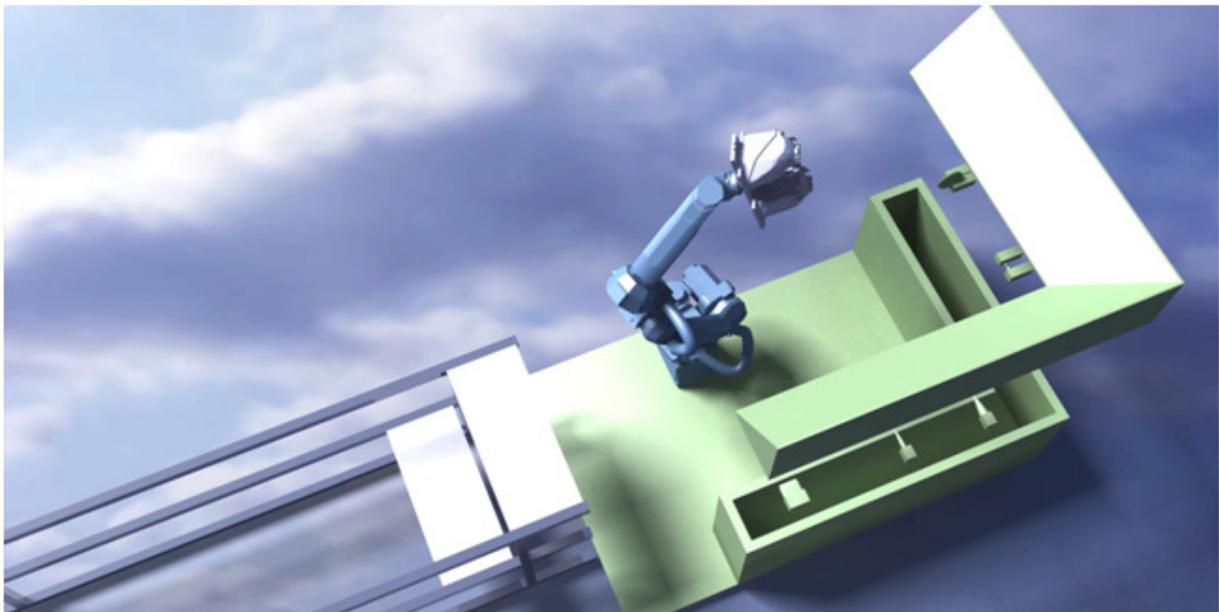


Imagem 41: Sala de rebarbação

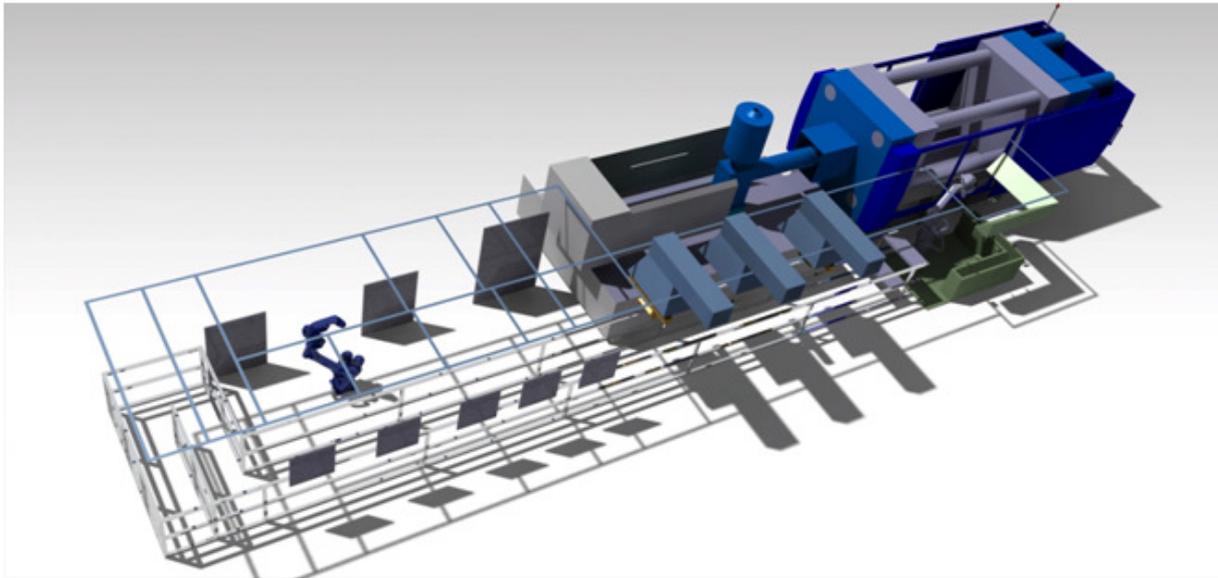


Imagem 42: Vista superior da área de extrusão, rebarbação, desionização, limpeza e tratamento contra raios UV

Com a finalização do projeto, pode-se perceber o quão vantajoso é para a empresa, ter suas linhas automatizadas. Com a automação do processo de produção do refletor de BMC, que antes usaria em torno de 7 trabalhadores, a linha passaria a usar apenas 1 trabalhador, o que por si só seria de grande economia caso aplicado em escala. O processo de automatização realizado, desde que com planejamento, pode trazer enormes benefícios para a empresa como: economia de gastos com funcionários nas linhas de produção, realocação desses funcionários em outras etapas de produção; melhora na qualidade do processo de produção, diminuição do tempo do processo de produção, maior eficiência na gestão da linha de produção.

Referências Bibliográficas

[1] DEBURRING PROCESSES: FUNDAMENTAL MANUFACTURING PROCESSES STUDY GUIDE. Disponível em:

< <https://www.sme.org/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=73736> > Acesso em agosto 2017.

[2] DEBURRING. THE FREE DICTIONARY. Disponível em:

< <https://www.thefreedictionary.com/deburring> > Acesso em agosto de 2017.

- [3] HAND DEBURRING TOOLS & SETS. MSC DIRECT. Disponível em:
<<https://www.mscdirect.com/webapp/wcs/stores/servlet/browse/Abrasives/Deburring-Tools/Hand-Deburring-Tools-Sets?navid=12100034>> Acesso em agosto de 2017.
- [4] 'WHAT IS DEBURRING?'. LAPMASTER-WOLTERS. Disponível em:
<<https://www.lapmaster-wolters.com/what-is-deburring.html>> Acesso em agosto 2017.
- [5] LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003
- [6] GIL, Antonio Carlos; **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas 1999
- [7] GOMES FERREIRA, F. **Estudo de caso da disciplina de introdução à ciência da computação da Universidade de Brasília**. Tese (Graduado em Ciências da Computação) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, 2017.