

**DESENVOLVIMENTO DE LINHA DE PINTURA AUTOMATIZADA
PARA PERFIS DE CAIXILHARIA**

INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

RODOLFO NUNO LIMA RITO

Relatório do Projecto Final

Orientador no INEGI: Engenheiro João Paulo Pereira

Orientador na FEUP: Prof. Dr. Ana Rosanete Reis



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho/2009

*À minha família e amigos que são a base da minha vida
e em particular à Ana Rito pelo apoio e companheirismo.*

RESUMO

Neste relatório apresenta-se o trabalho realizado no âmbito da cadeira de Projecto para obtenção do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O projecto decorreu no INEGI (Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial) que integro como colaborador contratado. A empresa para a qual o trabalho foi desenvolvido é uma empresa nacional da Indústria da Caixilharia.

Esta empresa prevê um crescimento exponencial na procura dos seus produtos devido principalmente à tendência actual do uso do PVC nas janelas, em substituição do alumínio e da madeira. Para estar preparada para este aumento da procura dos seus produtos a empresa decidiu investir na optimização do processo de pintura dos perfis em PVC. Foi assim a proposto a automatização da linha de pintura que permite a substituição, principalmente, dos processos manuais de protecção e de pintura e reduz os custos através da redução da mão-de-obra e da diminuição do consumo de tinta. Este trabalho concentra-se fundamentalmente no desenvolvimento dos sistemas de transporte, protecção e guiamento dos perfis que integram a linha.

O benchmarking realizado, que inclui uma viagem à Bélgica, serviu como base para o novo desenvolvimento. Esta viagem contribui pela informação recolhida acerca do funcionamento das duas linhas de pintura automáticas assim como todo o processo relativo aos vários sistemas que uma linha de pintura automática incorpora.

Neste projecto foi aplicada uma metodologia estruturada de desenvolvimento do produto. Numa primeira etapa foi feita a definição de especificações suportadas pelas necessidades expressas pela empresa (ex: pintura da alma).

A geração de conceitos foi realizada com grande liberdade, dando “asas à imaginação” de modo a despertar soluções potencialmente inovadoras. Estes conceitos foram depois avaliados com base na reflexão sobre toda informação adquirida e confrontada com as soluções existentes nomeadamente o conhecimento das linhas de pintura do seu fornecedor de perfis em PVC (empresa na Bélgica).

A partir das informações recolhidas seleccionaram-se potenciais conceitos a integrar no equipamento. Através de uma matriz de selecção desenvolvida usando os métodos do desenvolvimento de produto, foi feita a hierarquização das soluções que serviu de apoio à decisão final.

A definição do equipamento envolveu a sua arquitectura, selecção de componentes e selecção de partes standard, assim como a criação das partes originais. Devido a limitações temporais, não houve lugar a apresentação das fases posteriores do desenvolvimento (projecto detalhe, protótipo e testes) sendo o trabalho aqui apresentado finalizado com a modelação do equipamento.

ABSTRACT

This report shows the work carried out under the discipline of Project to obtain the Integrated Master in Mechanical Engineering in the Faculty of Engineering, University of Porto.

The project ran at INEGI (Institute of Mechanical Engineering and Industrial Management) who I work as employee hired. The company for which the work was developed is a national company of the boxing industry.

This company expects an exponential growth in the demand for its products due to the current trend in the use of PVC windows in place of aluminum and wood. To be prepared for this increase in demand for its products the company decided to invest in optimization of the painting process of the PVC profiles. It was thus proposed to automate the line of paint that allows the substitution, especially of manual processes to protect and painting and reduces costs by reducing people and reducing the consumption of ink. This paper will focus primarily on development of transport systems, protection and guidance of the profiles that make up the line.

The benchmarking performed, which includes a trip to Belgium, served as the basis for the new development. This trip helps to collect information about the operation of the two automatic painting lines and the whole process on the various systems that incorporate automatic painting line.

This project was implemented a structured approach to product development. The first step was the definition of specifications supported by the needs expressed by the company (e.g., painting of the middle face).

The generation of concepts was carried out with great freedom, giving "wings to imagination" in order to attract potential innovative solutions. These concepts were then evaluated based on consideration of all information acquired and compared with existing solutions including the knowledge of the supplier painting lines of the PVC profiles (company in Belgium).

From the information gathered is selected potential concept to integrate the equipment. Through a selection matrix developed using the methods of product development, was the ranking of solutions that served to support the final decision.

The definition of the equipment involved in its architecture, selection of components and selection of parts standard, as well as the creation of the original shares. Due to time constraints, has not presented the later stages of development (detailed design, prototype and testing) and the work here is completed with the modeling of equipment.

À minha família pelo apoio e paciência.

A todos os colegas do INEGI que partilharam comigo o tempo e o espaço dedicado a este projecto no qual também fazem parte da história deste.

Ao Eng. João Paulo Pereira pela oportunidade dada de vencer mais uma etapa no meu percurso académico.

À professora Ana Reis pelo seu contributo, disponibilidade e empenho dedicado a este trabalho.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e ao Departamento de Engenharia Mecânica pelas condições oferecidas para que este projecto fosse possível.

À empresa para o qual este projecto foi realizado pela disponibilidade e cooperação demonstradas.

A todos o meu muito obrigado.

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	O Projecto no INEGI.....	1
1.2	O INEGI.....	1
1.3	A Indústria da Caixilharia – Enquadramento do Projecto.....	2
1.4	O Desenvolvimento de Produto	4
1.5	Aspectos do Desenvolvimento de Produto.....	7
1.5.1	Um processo de desenvolvimento genérico ou geral	8
1.5.2	O Desenvolvimento de Conceito: o “front-end process”	11
1.6	Objectivo	14
2.	A EMPRESA.....	16
2.1	Caracterização dos Perfis	16
2.2	Caracterização do Processo Actual	20
2.3	Análise dos Perfis Pintados	24
2.4	Combinações de Pintura.....	25
2.5	Análise da Produção.....	27
3.	DESENVOLVIMENTO DA LINHA DE PINTURA AUTOMATIZADA	29
3.1	Mission Statement.....	29
3.2	Benchmarking	29
3.2.1	Caracterização Funcional das Linhas de Pintura Automáticas da Bélgica.....	30
3.2.2	Análise dos Sistemas das Linhas de Pintura Automáticas usadas na Bélgica..	35
3.2.3	Secagem e Qualidade da Pintura	39
3.2.4	Conclusões da Viagem	39
3.3	Quality Function Deployment - QFD.....	40
3.3.1	Identificar as Necessidades da Empresa.....	41
3.3.2	Organização Temática das Necessidades e Devida Avaliação de Importância	42
3.3.3	Definição das Métricas	44
3.3.4	Especificações Alvo.....	46
3.3.5	Definição das Etapas do Processo para a Linha de Pintura	47
3.4	Geração de Conceitos.....	47

3.5	Seleção do Conceito.....	63
3.6	Arquitectura	68
4.	CONCLUSÃO	79
5.	TRABALHO POR REALIZAR.....	81
6.	BIBLIOGRAFIA.....	83
7.	ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Edifício do INEGI (entrada principal).	2
Figura 2 – Perfil com película de renolit com textura de madeira (Kömmerling, 2009).	3
Figura 3 – Janela com perfil termoformado (Deceuninck, 2009).....	4
Figura 4 – As seis fases do processo de desenvolvimento de produto (Ulrich, et al., 2008) .	7
Figura 5 – As actividades do processo de desenvolvimento do conceito (Ulrich, et al., 2008)	12
Figura 6 – Ilustração de uma Janela em PVC constituída por um perfil da família dos aros (A) e outro da família das folhas (B) (Kömmerling, 2009).	16
Figura 7 – Exemplo de famílias e alguns dos seus perfis.....	17
Figura 8 – Caracterização das diferentes faces no aro P3001	18
Figura 9 – Caracterização das diferentes faces da folha P3051	18
Figura 10 – Caracterização das diferentes faces da travessa P3081	18
Figura 11 – Identificação dos encaixes no Perfil P3051	19
Figura 12 – Imagem em corte de uma janela com referência ao bite, vedante e ao vidro no perfil P3051	19
Figura 13 – Detalhe do encaixe do vedante no perfil P3001	19
Figura 14 – Esquema da Fase 1 – Preparação dos perfis.....	21
Figura 15 – Fase 1: Área destinada à preparação dos perfis	22
Figura 16 – Fase 2 do esquema de pintura na utilização das cores metalizadas da Deceuninck – Acabamento.....	22
Figura 17 – Fase 2: Estufa	23
Figura 18 – Fase 3: Secador	24
Figura 19 – Zona central da alma do P3052 onde a tinta não chega (assinalada por um círculo)	25
Figura 20 – Zona de encaixe do bite da alma onde a tinta não chega (assinalada por um círculo)	25
Figura 21 – Zona não pintada (assinalada por um círculo) da face do P3052 que permite montar o vidro ou alma em alguns tipos de perfis	25
Figura 22 – Imagem de perfil durante a pintura do P3051 na linha A	31
Figura 23 – Planta da linha A	32
Figura 24 – Perfil P3051 a ser lixado na etapa 2	33
Figura 25 – Perfil P3051 a ser pintado durante a etapa 4 da máquina B.....	34
Figura 26 – Planta da linha B	36
Figura 27 – Graus de liberdade das pistolas nas linhas A e B.....	37

Figura 28 – Esquema do sistema de exaustão/pintura	38
Figura 29 – Perfil P3001	43
Figura 30 – Área reservada à lacagem	43
Figura 31 – Aspecto geral em perspectiva do conceito 1.....	49
Figura 32 – Detalhe em perspectiva da estação 1	50
Figura 33 – Vista da secção do apoio e protecção das faces das estações seguintes	50
Figura 34 – Detalhe em perspectiva da estação 2	51
Figura 35 – Detalhe em perspectiva da estação 3	51
Figura 36 – Detalhe em perspectiva da estação 4	52
Figura 37 – Aspecto geral do conceito 2.....	53
Figura 38 – Detalhe em perspectiva da zona 1	54
Figura 39 – Detalhe em perspectiva da protecção e movimento do perfil.....	54
Figura 40 – Detalhe lateral da transição da zona 1 para a zona 2	55
Figura 41 – Detalhe em perspectiva da zona 2	56
Figura 42 – Detalhe de frente do movimento na zona 2	57
Figura 43 – Detalhe de cima da transição da zona 2 para a zona 3.....	57
Figura 44 – Detalhe em perspectiva da zona 3	58
Figura 45 – Aspecto geral do conceito 3.....	59
Figura 46 – Detalhe em perspectiva da zona 1	60
Figura 47 – Aspecto geral do conceito 4.....	61
Figura 48 – Detalhe em perspectiva da primeira cassette (para aplicação do primer) no início da linha de pintura	62
Figura 49 – Zoom ao sistema de guiamento da Figura 48	62
Figura 50 – Detalhe em perspectiva do sistema de protecção do perfil P3051 na linha – Pintura de uma face	63
Figura 51 – Detalhe de perfil do sistema de protecção do perfil P3051 – Pintura de uma face.....	63
Figura 52 – Detalhe em perspectiva do perfil P3051 + suporte no tapete de rolos – Pintura das 3 faces.....	63
Figura 53 – Detalhe de perfil do perfil P3051 + suporte – Pintura das 3 faces	63
Figura 54 – Processo de selecção de conceitos.....	64
Figura 55 – Vista de perfil da protecção no conceito 1	67
Figura 56 – Aspecto geral do conjunto: Sistema de transporte + Sistema de guiamento + Sistema de protecção	68

Figura 57 – Detalhe do conjunto	69
Figura 58 – Fotografia do rolo com motor próprio e transmissão (Interroll, 2004).....	69
Figura 59 – Rolo com a borracha (Interroll, 2004).....	70
Figura 60 – Sistema de alimentação da linha de pintura em perspectiva	70
Figura 61 – Detalhe em perspectiva do sistema de alimentação com o movimento do perfil	71
Figura 62 – Sistema de pintura e perspectiva	72
Figura 63 – Guiamento fixo em perspectiva	73
Figura 64 – Guiamento móvel em perspectiva.....	74
Figura 65 – Guiamento móvel em perspectiva 1	75
Figura 66 – Vista em corte do guiamento móvel 1.....	75
Figura 67 – Guiamento móvel em perspectiva 2.....	76
Figura 68 – Vista em corte do guiamento móvel em corte 2.....	76
Figura 69 – Pormenor do guiamento móvel	76
Figura 70 – Conjunto estrutura + pistolas (ou cassete) em perspectiva pertencente ao sistema de pintura.....	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Processo generalizado de desenvolvimento do produto dividido em 6 fases (Ulrich, et al., 2008).....	9
Tabela 2 – Perfis considerados.....	20
Tabela 3 – Combinações de faces a pintar por cor.....	26
Tabela 4 – Número de ciclos de pintura necessários por cor em cada perfil	27
Tabela 5 – Mission Statement	29
Tabela 6 – Vantagens da linha A em relação à linha B ou vice-versa.....	35
Tabela 7 – Necessidades do cliente por grau de importância, 1 - menos importante a 5 – mais importante	42
Tabela 8 – Estabelecimento de métricas: 1– menos importante, 5 - mais importante	44
Tabela 9 – Representação matricial	45
Tabela 10 – Especificações alvo	46
Tabela 11 – Concept Scoring: 2.5 – Mau; 5 – Fraco; 7.5 – Bom; 10 – Muito Bom.....	65
Tabela 12 – Propriedades do PVC (Wikipedia, 2009).....	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentagem de utilização do tipo de cores de cada marca.....	21
Gráfico 2 – Número de perfis pintados, para cada tipo, de Janeiro a Maio 2009.	27

1. INTRODUÇÃO

1.1 O Projecto no INEGI

Este projecto desenrola-se no âmbito do programa QREN (Quadro de Referência Estratégico Nacional), integrado num projecto de I&D individual promovido por uma empresa nacional no ramo da Caixilharia, com o objectivo de desenvolver uma linha de pintura automática para pintar os perfis em PVC resultando numa melhoria significativa do processo existente.

A empresa recorreu ao INEGI uma vez que internamente não dispunha de capacidades na área do desenvolvimento de equipamentos. O INEGI integra uma unidade de Inovação e Transferência de Tecnologia (ITT) que se dedica a este tipo de projectos, tendo uma equipa com larga experiência nesta área.

1.2 O INEGI

O INEGI é uma Instituição que faz a interface entre a Universidade e a Indústria e está vocacionada para a realização de actividade de Inovação e Transferência de Tecnologia orientada para a indústria. Nasceu em 1986 no seio do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMec) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Mantém ainda hoje essa ligação insubstituível ao DEMec, que constitui uma das principais fontes de conhecimento e competências científicas e tecnológicas. Ao longo dos seus 23 anos de existência desenvolveu e consolidou uma posição de parceiro da indústria em projectos de I&D, sendo que presentemente cerca de 60% da sua actividade resulta de projectos com empresas. Com a figura jurídica de Associação Privada sem Fins Lucrativos e com o estatuto de «Utilidade Pública», assume-se como um promotor no desenvolvimento do tecido industrial Português e na transformação do modelo competitivo da indústria nacional (INEGI, 2007).

O INEGI participa activamente no desenvolvimento da indústria nacional contribuindo com conhecimento e competências distintas na área da Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI, 2007):

- *Missão:* contribuir para o aumento da competitividade da indústria nacional através da investigação e desenvolvimento, demonstração, transferência de tecnologia e formação nas áreas de concepção e projecto, materiais, produção, energia, manutenção, gestão industrial e ambiente (INEGI, 2007);
- *Visão:* ser uma Instituição de referência, a nível nacional, e um elemento relevante do Sistema Científico e Tecnológico Europeu, com mérito e excelência na Inovação de base Tecnológica e Transferência de Conhecimento e Tecnologia (INEGI, 2007);
- *Política de Qualidade:* Promover a melhoria contínua do desempenho da Organização na concretização dos seus objectivos estratégicos e operacionais, procurando permanentemente elevar o nível de satisfação de todas as partes interessadas, e assumindo o Sistema de Gestão da Qualidade como um instrumento essencial a esse desiderato (INEGI, 2007).

Na Figura 1 observa-se o edifício do INEGI onde o projecto foi desenvolvido:



Figura 1 – Edifício do INEGI (entrada principal).

1.3 A Indústria da Caixilharia – Enquadramento do Projecto

A Indústria da Caixilharia produz janelas, portas e portadas em diferentes materiais. Os materiais mais utilizados são o PVC (como é comercialmente conhecido), alumínio e a madeira.

A área de actuação da empresa promotora deste projecto insere-se, essencialmente, no acabamento dos perfis de PVC, em particular na pintura (em Portugal não existem produtores de perfis em PVC). A empresa recepciona os perfis de 6m em branco, cor tipo caramelo e castanho. Esta usa o branco em 90% dos casos e as restantes só usam quando o branco não combina com a cor usada na pintura, optando nestas situações por uma das outras que se enquadre melhor (esteticamente) com a cor da pintura.

Hoje em dia, o PVC está em expansão em relação aos restantes materiais por apresentar vantagens ao nível da estanquicidade ao vento e à água, isolamento acústico e térmico e por respeitar o ambiente, contudo, ainda existe alguma controvérsia sobre as suas vantagens principalmente a nível ambiental. Em Portugal, o uso do PVC em caixilharia ainda é escasso quando comparado com outros países europeus onde é aplicado nas maiorias das obras, como é o caso do Reino Unido. Assim, no mercado nacional espera-se um significativo aumento deste tipo, da procura destes perfis. Para poder dar resposta a esta procura, a empresa decidiu investir na optimização do seu processo produtivo, em particular no desenvolvimento de uma linha de pintura automática.

O processo de produção de janelas nesta empresa segue a sequência de etapas:

- 1º Pintura do perfil;
- 2º Maquinagem e corte do perfil;
- 3º Soldadura;

- 4° Retoques de tinta;
- 5° Montagem das ferragens;
- 6° Colocação dos vidros.

Esta é a sequência mais comum, no entanto, ainda podem ser realizadas mais algumas etapas. Antes da pintura pode-se aplicar uma película (denominada como renolit) no perfil com o intuito de transmitir a sensação de uma textura diferente. Por exemplo, é muito usada a película que dá a textura da madeira como é ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Perfil com película de renolit com textura de madeira (Kömmerling, 2009).

Outra etapa realizada é a termoformação (deformação do perfil aquecido) do PVC em formas curvas mas isto só é possível nos perfis mais simples. A termoformação é realizada já com o perfil pintado e maquinado. Na Figura 3 observa-se um exemplo de uma janela que possui um perfil termoformado.

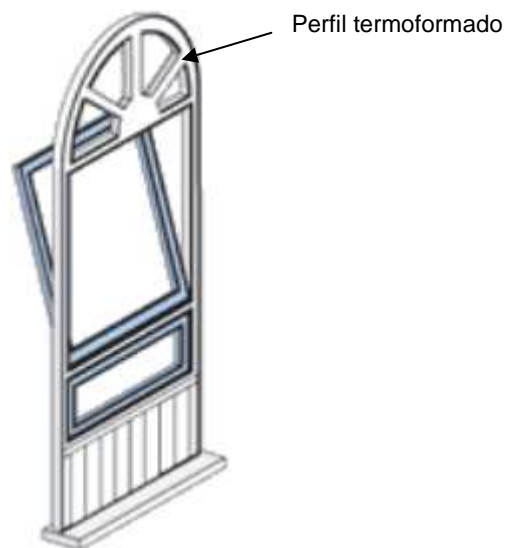


Figura 3 – Janela com perfil termoformado (Deceuninck, 2009).

Das etapas observadas anteriormente, este trabalho foca essencialmente a etapa de pintura dos perfis. Para que os perfis sejam pintados com qualidade existe todo um procedimento de preparação, pintura e cura. As empresas de caixilharia em Portugal pintam os seus perfis manualmente mas nenhuma, para além da empresa para qual este trabalho é realizado, pinta a alma com cor diferente de qualquer uma das outras faces. A concorrência pinta as três faces, de que um perfil é constituído, de uma cor ou se usar duas cores será na face interior e exterior do perfil, não pintando a alma neste caso. A caracterização das faces de um perfil é abordada no capítulo 2.

A nível mundial, não existem muitas linhas de pintura automática e as que existem são desenvolvidas pelas próprias empresas ou através de prestação de serviços ou consultoria. Segundo a empresa, a empresa produtora dos perfis em PVC (sua fornecedora) tem actualmente duas linhas de pintura automática a operar nas suas instalações. A nível comercial não existem à venda linhas de pintura automática para perfis de caixilharia.

1.4 O Desenvolvimento de Produto

O desenvolvimento de produto pode ter várias definições porque existem produtos muito diferenciados, logo as metodologias variam. No entanto, alguns autores definem como:

Segundo Ulrich & Eppinger: “(...) is the set of activities beginning with the perception of a market opportunity and ending in the production, sale and delivery of a product.”

Segundo Otto & Wood: “A product development process is the entire set of activities required to bring a new concept to a state of market readiness.”

O sucesso económico das empresas dependem da facilidade em descobrir as necessidades do cliente e rapidamente criar produtos que satisfaçam as suas necessidades e produção a baixo custo. Atingir estes objectivos não se trata apenas de um problema de marketing, ou de desenho

ou de produção, mas sim um problema de desenvolvimento de produto envolvendo todas estas funções (Ulrich, et al., 2008).

Um produto é algo que é vendido por uma entidade aos seus clientes. O desenvolvimento de produto é um conjunto de actividades que inicia-se com a percepção do mercado de oportunidade e que termina na produção, venda e entrega do produto (Ulrich, et al., 2008).

O desenvolvimento de produto de sucesso resulta em produtos que podem ser produzidos e vendidos com rentabilidade apesar de ser difícil avaliar de forma rápida e directa. Pode-se considerar um conjunto de cinco itens, com o objectivo do lucro, usados normalmente para determinar a capacidade de um desenvolvimento de produto (Ulrich, et al., 2008):

- *Qualidade do Produto:* O produto derivado de um determinado desenvolvimento terá qualidade? Satisfaz as necessidades do cliente? Será fiável? A qualidade do produto é, em última instância, reflectida no mercado e no preço que os clientes estão dispostos a pagar;
- *Preço do Produto:* Qual é o custo de produção? Este custo inclui o investimento em equipamento e ferramentas bem como o custo do produto em cada unidade de produção. O custo do produto determina o lucro para a empresa através da sua venda a um determinado preço e unidades vendidas;
- *Tempo de Desenvolvimento:* Em quanto tempo foi completado o desenvolvimento de produto? O tempo de desenvolvimento determina a resposta competitiva da empresa e de desenvolvimento tecnológico bem como a recuperação do investimento realizado;
- *Custo de Desenvolvimento:* Qual foi o investimento da empresa? O custo de desenvolvimento é normalmente uma parte importante do investimento necessário para atingir os lucros;
- *Capacidade de Desenvolvimento:* a empresa e os seus trabalhadores estão habilitados para desenvolver os futuros produtos como resultado da sua experiência num projecto de desenvolvimento de produto? Existindo essas capacidades, a empresa deve usá-los no desenvolvimento de produtos.

O desenvolvimento de produto é uma actividade interdisciplinar que requer contribuições de praticamente todas as funções de uma empresa. Contudo existem umas mais importantes que outras, as chamadas centrais para um projecto de desenvolvimento de produto. Essas funções dizem respeito a (Ulrich, et al., 2008):

- *Marketing:* este departamento necessita estabelecer uma ligação entre a empresa e os clientes. É através deste que pode-se encontrar as oportunidades de produto no mercado e identificar as necessidades do cliente. As pessoas deste departamento estabelecem um diálogo com os clientes, tratam dos preços, dos lançamentos e da promoção dos produtos;

- *Design*: têm como função principal definir a forma física que melhor vai ao encontro das necessidades do cliente. Neste contexto, está inserido a Engenharia (mecânica, eléctrica, informática, etc.) com competências para a funcionalidade e o design industrial com a competência da estética, ergonomia, etc;
- *Produção*: a produção é responsável pelo sistema de produção no sentido de materializar o produto. Esta também tem a função de comprar, distribuir e instalar tudo que esteja relacionado com o produto. Este conjunto de actividades é chamado de “cadeia de abastecimento”.

A duração do desenvolvimento do produto pode demorar menos de 1 ano como pode ir até 5 e, alguns casos, até 10 anos. Em projectos de maior dimensão, são envolvidas outras empresas, os chamados de fornecedores. Estes prestam serviços na produção de componentes ou de consultoria. Normalmente existe uma equipa principal (grupo restrito de pessoas da própria empresa) e uma equipa secundária (incluem-se os fornecedores) (Ulrich, et al., 2008).

O custo de um desenvolvimento de produto é aproximadamente proporcional ao número de pessoas envolvidas e à duração do projecto. Além destas despesas, normalmente há um investimento em ferramentas e máquinas. Este investimento é quase tão grande quanto o orçamento inicial, contudo deve-se pensar que estes fazem parte dos custos fixos da produção (Ulrich, et al., 2008).

Desenvolver produtos inovadores em prazos reduzidos é um trabalho difícil, o que faz com que poucas empresas sejam capazes de cumprirem. Este tipo de trabalho é um constante desafio para as equipas de desenvolvimento de produto. Algumas características que tornam este trabalho um desafio (Ulrich, et al., 2008):

- *Conflitos de decisões*: um automóvel pode ser produzido mais leve mas isto pode ter como consequência um aumento do seu preço. Este é um dos aspectos mais difíceis no desenvolvimento de produto, na avaliação, compreensão e gestão para a optimização do sucesso do produto;
- *Dinâmica*: existe toda uma dinâmica de mercado que torna o desenvolvimento de produto um constante desafio. O lançamento de novos produtos por parte da concorrência, as questões ambientais, a economia, o desenvolvimento tecnológico, as preferências do cliente, etc. A decisão toma-se num ambiente em constante mudança tornando-se num desafio formidável;
- *Detalhes*: a escolha de usar rebites ou parafusos em algum produto pode ter implicações económicas muito grandes. Mesmo um produto de complexidade média de desenvolvimento tecnológico pode ser necessário tomar várias decisões destas;
- *Pressão dos prazos*: qualquer uma destas dificuldades seriam mais fáceis se houvesse todo o tempo do mundo mas isso normalmente não acontece e ainda por cima com a necessidade de obter mais alguma informação;
- *Economia*: Para ter um razoável retorno do investimento o produto final deve agradar os clientes mas também ser relativamente barato na sua produção porque o seu desenvolvimento, produção e marketing requerem grandes investimentos;

- *Criação*: o processo de desenvolvimento de produto começa numa ideia e termina com a sua produção. Ao visualizar-se em toda a sua extensão, o desenvolvimento de produto é muito criativo;
- *Satisfação das necessidades do cliente e da sociedade*: todos os produtos são desenvolvidos para colmatar alguma forma de necessidade da sociedade. As pessoas interessadas em desenvolver algum produto ou produtos devem fazê-lo em função das necessidades existentes;
- *Diversidade de competências*: o sucesso no desenvolvimento de um produto passa por ter uma equipa com várias competências, como por exemplo de personalidade, experiência e perspectiva;
- *Espírito de equipa*: o desenvolvimento de produto necessita de equipas muito motivadas, com forte cooperação e camaradagem entre os elementos que a compõe.

O processo de desenvolvimento do produto e organizacional define-se pela sequência das etapas da Figura 4:

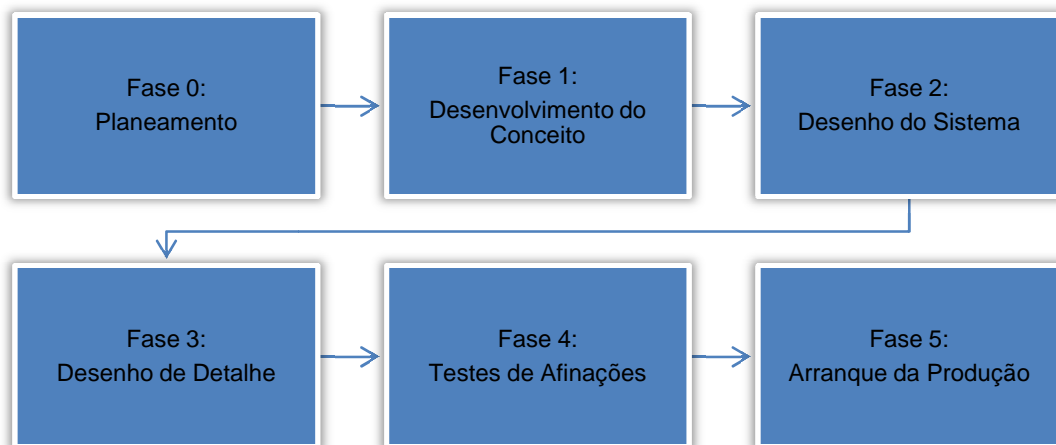


Figura 4 - As seis fases do processo de desenvolvimento de produto (Ulrich, et al., 2008).

1.5 Aspectos do Desenvolvimento de Produto

Este projecto parte do chamado desenvolvimento genérico ou geral, que se caracteriza por uma série de procedimentos ou etapas normalmente utilizadas no desenvolvimento da maior parte dos produtos. Aqui, ele serviu como a base do trabalho e, à medida que este se foi desenvolvendo, foi ganhando os seus contornos particulares, ou de outra forma, foi sendo refinado ou adaptado para este produto (linha de pintura automática) em particular.

O desenvolvimento de produto é muito vasto e atinge várias áreas de trabalho. Este projecto insere-se na área concepção do desenvolvimento do conceito, Tabela 1.

Este ponto (1.5) tem o objectivo de enquadrar este trabalho no universo do desenvolvimento de produto. No 1.5.1 fala-se do desenvolvimento de produto genérico ou geral e no 1.5.2 já é focalizado no desenvolvimento do conceito como “front-end process”.

1.5.1 Um processo de desenvolvimento genérico ou geral

Um processo é uma sequência de passos que transforma um conjunto de inputs em um conjunto de outputs. O processo de desenvolvimento de produto é uma sequência de passos realizados por um conjunto de pessoas de uma dada organização para conceber, desenhar e comercializar um produto. Cada empresa usa um processo diferente, outras nem usam nenhum. Na mesma empresa pode ser usado processos diferentes para cada produto (Ulrich, et al., 2008).

Um processo de desenvolvimento de produto bem definido faz a diferença pelas seguintes razões (Ulrich, et al., 2008):

- *Qualidade garantida:* um processo de desenvolvimento especifica as fases que o projecto de desenvolvimento vai passar e pelas validações no curso deste. Quando estas fases forem seleccionadas correctamente, seguindo o processo de desenvolvimento, é uma garantia de que o produto resultante é de qualidade;
- *Coordenação:* um processo claro e articulado funciona como um guia principal que define as regras de cada membro da equipa. Este plano informa os membros de cada equipa onde devem contribuir e com quem devem trocar informação e materiais;
- *Planeamento:* um processo de desenvolvimento contém datas correspondentes ao início e conclusão de cada fase. A duração depende dos objectivos gerais do projecto de desenvolvimento;
- *Gestão:* um processo de desenvolvimento é uma pesquisa de mercado para avaliar o desempenho de um esforço contínuo. Pela comparação dos acontecimentos, no sentido de estabilizar o processo, o gestor pode detectar problemas em determinadas áreas;
- *Evolução:* o cuidado com a documentação da organização normalmente permite identificar possibilidades para evoluir.

Na Tabela 1 observa-se as várias fases do desenvolvimento de produto.

Tabela 1 – Processo generalizado de desenvolvimento do produto dividido em 6 fases (Ulrich, et al., 2008).

Fase 0: Planeamento	Fase 1: Desenvolvimento do Conceito	Fase 2: Desenho do sistema	Fase 3: Desenho de Detalhe	Fase 4: Testes e Afinações	Fase 5 Arranque da Produção
Marketing:					
<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidades de mercado; • Definição da área de mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolha das necessidades do cliente • Identificar os líderes • Identificar os produtos competitivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de desenvolvimento para opções de produto e sua família • Estabelecer preço de venda para o produto 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um plano de marketing 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver a promoção e o lançamento de materiais • Promover ensaios 	<ul style="list-style-type: none"> • Proximidade da produção dos principais clientes
Concepção:					
<ul style="list-style-type: none"> • Considerar a base e a arquitectura do produto; • Acesso a novas tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a viabilidade dos produtos; • Desenvolver conceitos de desenho industrial • Construir e testar experimentalmente os protótipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerar arquitecturas alternativas para o produto • Definir os principais subsistemas e interfaces • Redefinir o desenho industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir a geometria da peça • Selecção dos materiais • Atribuir tolerâncias • Controle documental completo dos desenhos industriais 	<ul style="list-style-type: none"> • Teste de viabilidade • Teste de vida do produto • Teste de desempenho • Obter aprovação regulamentar • Implementar as alterações do desenho 	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação antecipada da produção
Produção:					
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar as restrições de produção; • Estabelecer uma estratégia para fornecedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimar os custos de produção • Avaliar viabilidade de produção 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar fornecedores para os produtos chave • Fazer análise para produção ou compra • Definir esquema final de montagem • Estabelecer objectivos de custos 	<ul style="list-style-type: none"> • Definir processos de produção das peças • Desenho de ferramentas • Definir processo que garanta qualidade • Pesquisar sobre ferramentas de qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> • Condições dos fornecedores • Afinação dos processos de produção e montagem • Formação de pessoal • Garantir a qualidade e afinação dos processos 	<ul style="list-style-type: none"> • Começo dos trabalhos de toda a produção
Outras funções:					
<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa: informar as tecnologias disponíveis; • Finanças: entrega de um plano de objectivos; • Gestão geral: definir recursos do projecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise económica financeira • Investigar sobre patentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das capacidades financeiras para produção ou compra • Identificar necessidade de serviços 		<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver um plano de vendas 	

O processo generalizado do desenvolvimento de produto consiste em seis fases como ilustra a Tabela 1. O processo começa com uma fase de planeamento, que faz a ligação com as actividades de investigação e de desenvolvimento tecnológico. O objectivo da fase de planeamento é o projecto do produto que é o requisito necessário para começar a fase do desenvolvimento do conceito e que serve como guia para a equipa de desenvolvimento. A conclusão do processo de desenvolvimento de produto termina com o lançamento do produto, no qual, este fica disponível para compra (Ulrich, et al., 2008).

Uma forma de pensar no processo de desenvolvimento é a criação de vários conceitos de produtos e depois com o conseqüente refinamento dos conceitos. Daqui dá-se uma melhoria nas especificações do produto até que seja viável e repetitivo a sua produção. De referir que a maior parte das fases do desenvolvimento são definidas com base no estado do produto, contudo os planos para o processo de produção e marketing, e outros com vista ao produto final, estão também envolvidos no progresso do desenvolvimento (Ulrich, et al., 2008).

Outra forma de pensar sobre o processo de desenvolvimento de produto é como um sistema de processamento de informação. O processo começa com “inputs” como os objectivos da empresa, com a capacidade tecnológica disponível, os produtos base e com os sistemas de produção. Várias actividades processam a informação de desenvolvimento, formulando especificações, conceitos e desenhos de detalhe. O processo termina quando toda a informação necessária para apoiar a produção e as vendas for criada e comunicada (Ulrich, et al., 2008).

Uma terceira opção de pensar sobre o desenvolvimento de produto é como um sistema de gestão de risco. Nas fases iniciais do desenvolvimento de produto, vários riscos são identificados e definidos como prioridades. À medida que o processo avança, os riscos são reduzidos como as maiores incertezas são eliminadas e as funções do produto são validadas. Quando o processo se completar, a equipa tem de ter grande confiança que o produto vai funcionar correctamente e será bem aceite pelo mercado (Ulrich, et al., 2008).

A Tabela 1 identifica as actividades chave e as responsabilidades das diferentes funções da organização durante cada fase do desenvolvimento. Por causa do seu envolvimento contínuo no processo, escolhe-se em articular as regras de marketing, desenho e de produção. Representantes de outras funções, como a pesquisa, finanças, serviço no campo, e vendas, também desempenham tarefas em determinado altura do processo (Ulrich, et al., 2008).

As seis fases do processo geral do desenvolvimento são (Ulrich, et al., 2008):

- *Fase 0 – Planeamento:* o planeamento é normalmente referido como a fase 0 desde que preceda a aprovação do projecto e comece o processo de desenvolvimento de produto. Esta fase começa com a estratégia da empresa e inclui a avaliação do desenvolvimento tecnológico e os objectivos do mercado. O que se pretende no final desta fase é o projecto que especifica o mercado alvo para o produto, os objectivos do negócio, os pressupostos chave e as restrições do produto;
- *Fase 1 – Desenvolvimento do Conceito:* nesta fase, as necessidades dos objectivos de mercado estão identificados, conceitos de produtos alternativos são gerados e avaliados, e um ou mais conceitos são seleccionados para mais desenvolvimentos e testes. Um conceito é uma descrição da forma, função e características de um produto e é normalmente acompanhado por um conjunto de especificações, uma análise da competitividade com outros produtos e uma justificação económica para o projecto;
- *Fase 2 – Desenvolvimento de Sistemas:* esta fase inclui a definição da arquitectura do produto e a decomposição do produto em subsistemas e componentes. O “layout” da produção é normalmente definido durante esta fase também. O resultado desta fase inclui o “layout” da produção, uma especificação funcional de cada subsistema do produto e um diagrama preliminar do percurso da montagem final;

- *Fase 3 – Desenho de Detalhe:* esta fase inclui a especificação completa da geometria, materiais e tolerâncias de todas as peças do produto como também a identificação de todas as peças “standard” a serem compradas aos fornecedores. Um plano para o processo é estabelecido e as ferramentas são desenhadas para cada peça a ser fabricada na produção. O resultado desta fase é a documentação de controlo do produto – os desenhos ou os ficheiros com a geometria de cada peça e a suas ferramentas para produção, as especificações das peças compradas e os planos do processo para a fabricação e montagem do produto. Duas questões fundamentais nesta fase são os custos de produção e o bom desempenho do produto;
- *Fase 4 – Afições e Testes:* esta fase envolve a construção e avaliação de protótipos. Os primeiros protótipos (os chamados de alfa) são normalmente produzidos na própria empresa, peças com a mesma geometria e material mas o processo produtivo pode não ser necessariamente o mesmo. Os protótipos são testados para determinar se o produto vai trabalhar como o previsto e se satisfaz as necessidades do cliente. Mais tarde, os segundos protótipos (os chamados de beta) são normalmente construídos com peças já produzidas pelos processos de produção esperados mas podem não ser montados usando o processo de montagem previsto. Os protótipos beta são internamente avaliados extensivamente e são também testados pelos clientes na sua própria empresa. O objectivo deste protótipo é normalmente para responder a questões de desempenho e viabilidade na medida de identificar as alterações necessárias de Engenharia para o produto final;
- *Fase 5 – Arranque da produção:* nesta fase, o produto é fabricado usando o sistema de produção previsto. O propósito deste arranque é treinar o pessoal da produção e para eliminar alguns problemas ainda existentes no processo de produção. Os produtos produzidos durante o arranque da produção são normalmente fornecidos aos principais clientes e são cuidadosamente avaliados para identificar algumas falhas ainda existentes. A transição do arranque da produção para a produção em série é normalmente gradual. A dada altura desta transição, o produto é lançado e torna-se disponível para ampla distribuição.

1.5.2 O Desenvolvimento de Conceito: o “front-end process”

Como indica a Tabela 1, no desenvolvimento do conceito vai-se identificar a viabilidade dos produtos e desenvolver conceitos de desenho industrial. Construir e testar experimentalmente os protótipos não será abordado neste trabalho.

Devido à fase do desenvolvimento do conceito necessitar de maior coordenação entre funções que qualquer outra, muitos dos métodos integrativos de desenvolvimento está aqui concentrado. Nesta secção descreve-se a fase do desenvolvimento do conceito naquilo a que se chama “front-end process”. Este contém, normalmente, actividades interligadas e ordenadas aproximadamente como a Figura 5 (Ulrich, et al., 2008).

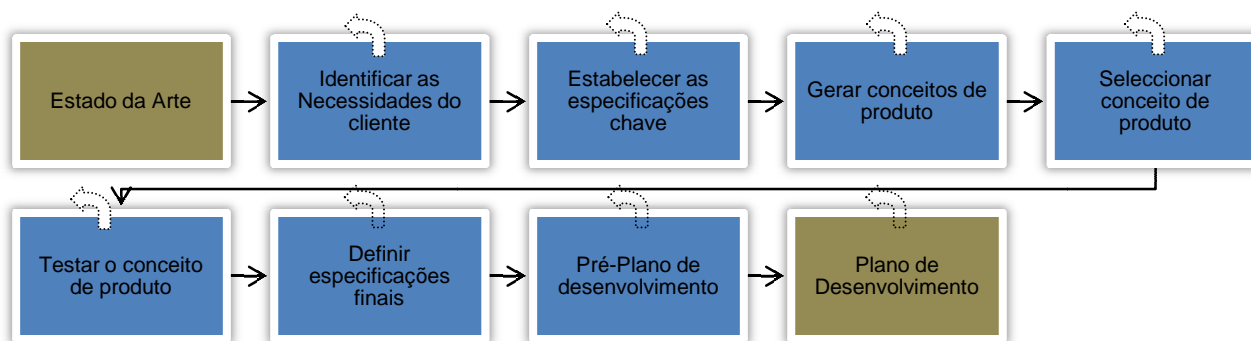


Figura 5 – As actividades do processo de desenvolvimento do conceito (Ulrich, et al., 2008).

Raramente segue sequencialmente todo o caminho da figura anterior, completando cada actividade antes de começar a próxima. Na prática, as actividades do “front-end process” podem estar sobrepostas no tempo e a iteração é sempre necessária. As setas contrárias ao curso do desenvolvimento reflectem a natureza incerta do progresso no desenvolvimento de produto (Figura 5). Em quase todas as fases, nova informação pode tornar-se disponível ou os resultados aprendidos podem causar o recuo da equipa para repetir uma actividade antes de prosseguir. Esta repetição de actividades, supostamente completas, é conhecida como iteração de desenvolvimento (Ulrich, et al., 2008).

O processo de desenvolvimento do conceito inclui as seguintes actividades (Ulrich, et al., 2008):

- *Identificar as necessidades do cliente:* o objectivo desta actividade é compreender as necessidades do cliente e passa-las eficazmente para a equipa de desenvolvimento. O resultado desta etapa é fazer cuidadosamente um conjunto de necessidades do cliente, organizado numa lista hierárquica, com ponderações importantes na maior parte das necessidades;
- *Estabelecer as especificações chave:* as especificações fornecem uma descrição precisa sobre o que produto tem de fazer. Elas são a transição das necessidades do cliente para os termos técnicos. Objectivos para as especificações são realizados no início do processo e representa a esperança da equipa de desenvolvimento. Mais tarde estas especificações são refinadas para serem consistentes com as restrições impostas pelas decisões da equipa de um conceito de produto. O resultado desta etapa é uma lista de especificações a cumprir. Cada especificação consiste numa métrica num intervalo de valores ou de valores exactos;
- *Geração de conceitos:* o objectivo da geração de conceitos é explorar completamente o espaço dos conceitos do produto que pode pertencer às necessidades do cliente. A geração de conceitos inclui uma mistura de pesquisa externa, resolução criativa de problemas com a equipa e uma sistemática exploração das várias soluções diferentes que a equipa gera. O resultado desta actividade é normalmente um conjunto de 10 a 20 conceitos, cada um representado tipicamente por um croqui e um breve texto descritivo;

- *Seleção de Conceito:* a seleção de conceito é a actividade na qual vários conceitos de produtos são analisados e eliminados sequencialmente para identificar os conceitos mais prometedores. O processo normalmente requer várias iterações e pode dar início à geração de conceitos adicionais e refinadas;
- *Testes dos conceitos:* um ou mais conceitos são então testados para verificar que as necessidades do cliente tem sido atingidas, avaliar o potencial de mercado do produto e identificar algum defeito que deve ser remediado durante posteriores desenvolvimentos. Se a resposta do cliente é fraca, o projecto de desenvolvimento pode ter terminado ou algumas actividades iniciais podem ser repetidas se necessário;
- *Estabelecer as especificações finais:* as especificações alvo estabelecidas no início do processo são revistas depois do conceito ter sido seleccionado e testado. Nesta altura, a equipa tem de chegar a valores específicos das métricas reflectindo as restrições inerentes ao conceito de produto, identificadas as limitações através do modelo técnico e a relação entre custo e desempenho;
- *Planeamento do projecto:* Nesta última actividade do desenvolvimento de conceito, a equipa cria um calendário detalhado do desenvolvimento, estabelece uma estratégia para minimizar a duração do desenvolvimento e identifica os recursos necessários para completar o projecto. Os maiores resultados do avanço e recuo das actividades podem ser utilmente retiradas de um documento que serve para documentar o acordado entre a equipa e o gestor sénior da empresa durante o desenvolvimento do produto. Este documento está definido no contracto que contém o estado da arte (mission statement), as necessidades do cliente, os detalhes do conceito seleccionado, as especificações de produto, a análise económica do produto, o calendário do desenvolvimento, as pessoas envolvidas no projecto e os recursos financeiros disponíveis.

Algumas actividades apoiam do desenvolvimento de conceito ao longo da sua execução (Ulrich, et al., 2008):

- *Análise económica:* A equipa, que conta com o suporte de um analista financeiro, constrói um modelo económico para o novo produto. Este modelo é usado para dar continuidade do programa do desenvolvimento em geral e para resolver relações específicas neste, por exemplo, custos de desenvolvimento e de produção. A análise económica é vista como uma das actividades dinamizadoras na fase de desenvolvimento de conceito. Uma análise económica realizada atempadamente irá quase sempre ser desempenhada antes do projecto começar, e esta análise é actualizada à medida que a informação fica disponível;
- *Análise de mercado dos produtos competitivos:* Um entendimento de produtos competitivos é crítico para atingir o sucesso de um novo produto e pode proporcionar uma fonte rica de ideias para o produto e para o “layout” da produção;
- *Modelação e prototipagem:* todas as etapas do processo de desenvolvimento do conceito envolvem várias formas de modelos e protótipos. Isto pode incluir, entre

outros: primeiros modelos dos conceitos que ajudam a equipa de desenvolvimento a demonstrarem viabilidade; modelos não funcionais, de forma apenas, que pode ser mostrado aos clientes para avaliar a ergonomia e o estilo; modelos matemáticos de relações técnicas e modelos experimentais para teste que podem ser usados para estabelecer os parâmetros de concepção para um bom desempenho.

1.6 Objectivo

O principal objectivo deste projecto é o desenvolvimento de uma linha de pintura automática que permita a eliminação do processo manual de pintura para possibilitar uma maior cadência de produção e a redução de custos. A linha de pintura automática deve despolir, aplicar ar ionizado, desengordurar, aplicar o primer (ou promotor de aderência), pintar e aplicar o verniz. No final irá ser entregue o projecto, ficando o cliente com a tarefa da produção do protótipo.

Os objectivos primários que levaram ao desenvolvimento da linha de pintura automática são:

- a) Aumentar a cadência de produção;
- b) Reduzir custos.

Como consequência dá à empresa maior capacidade de resposta a um maior número de encomendas, e maior rentabilidade (redução de custos) pela diminuição de mão-de-obra, tinta e fita-cola.

Inicialmente estabeleceu-se que na lacagem teria de se reduzir a mão-de-obra para cerca de metade. O cliente está a operar com 8 pessoas, por isso, teria que passar para 4 no máximo. Entende-se por lacagem o processo no qual se realiza o acabamento dos perfis. Em ambiente industrial também se usa a expressão “lacar o perfil” em vez de “pintar o perfil”.

Em relação à pintura dos perfis, não ficou estabelecido nenhuma meta para a cadência de produção mas terá que ser sempre superior ao actual, ou seja, tem de haver uma franca evolução na produção sem colocar em causa os requisitos mínimos da qualidade da pintura segundo as referências da empresa. Assim vai ser possível produzir mais perfis em menor tempo.

O objectivo maior de pintura era proporcionar a pintura de 3 cores diferentes em um só ciclo (ou seja numa só passagem), uma em cada face na situação mais complexa. A pintura do perfil com 1, 2 ou 3 cores varia muito consoante o desejo do cliente final (o comprador das janelas). O facto reflecte-se no desenvolvimento de uma linha de pintura automática flexível, de modo a adequar-se aos requisitos de produção.

A linha de pintura será composta por:

- Sistema de transporte;
- Sistema de guiamento;
- Sistema de protecção;
- Sistema de pintura;

➤ Sistema de aquecimento/exaustão.

Neste projecto é abordado o sistema de transporte, guiamento e de protecção dos perfis. No entanto, os sistemas de pintura e de exaustão/aquecimento poderão ser aconselhados, numa fase posterior que este trabalho não contempla, para as melhores soluções com a intenção de adquiri-los e de os integrar na linha de pintura automática. Esta terá que proporcionar ao cliente a fácil integração destes dois sistemas e a possibilidade de afinações de processo com vista ao melhor desempenho.

O sistema de transporte é tudo que diz respeito ao transporte do perfil. Este transporte pode ser realizado de várias formas, por exemplo com tapete de rolos. Este é que vai dar movimento ao perfil. Trata-se de um sistema importante porque é onde os restantes sistemas vão acoplar e estão dependentes deste. Neste sistema ainda se integra o despolimento, aplicação do ar ionizado e o desengorduramento e a aplicação do primer (ou promotor de aderência). O ar ionizado é aplicado através de um aparelho próprio. Este tem a função de tornar nula a energia electrostática do PVC. Existindo esta energia, ela atrai muita sujidade suspensa no ambiente, logo é indispensável a aplicação de ar ionizado. O primer vai abrir os poros do PVC para promover a aderência da tinta ao perfil, podendo ser aplicado na forma de spray tal como a tinta. Estas aplicações são realizadas pela linha de pintura automática para o uso das duas marcas de tinta.

O sistema de guiamento vai guiar o perfil no sistema de transporte. Este sistema é importante no sentido de o perfil ficar estável e alinhado para a pintura se realizar da forma esperada visto ter que possuir algum tipo de protecção das faces. Este sistema poderá contribuir, como o anterior, para dar movimento ao perfil de modo a este não deslizar sobre o tapete. O guiamento poderá ser realizado através de rodas laterais por exemplo.

O sistema de protecção protege as faces a não pintar do perfil. A protecção tem que ser realizada de modo a não sujar o perfil, a não acumular tinta ou a não contaminar as faces a não pintar e tem de ser de fácil limpeza. Idealmente as protecções deverão ser posicionadas de baixo para cima por causa do efeito da gravidade.

O sistema de pintura vai desde as pistolas até ao sistema de alimentação de tinta, de energia, sistema de limpeza dos tubos, etc. A pintura, idealmente e não obrigatoriamente, deve-se realizar de cima para baixo para que a velocidade das partículas de tinta em excesso (ou como mais comumente conhecido por overspray) tenham a direcção da circulação do ar.

O sistema de aquecimento/exaustão vai aquecer o ambiente através de um fluxo de ar quente descendente, ou seja, o ar entra por cima da estufa e sai por baixo para que não se crie um turbilhão nas partículas de tinta. Isto, caso acontecesse, iria provocar uma perda de qualidade da pintura porque a tinta não iria ficar uniformemente distribuída por ser difícil direccionar as partículas.

O trabalho aqui reproduzido tem o objectivo de ajudar um cliente específico a inovar e assim elevar a sua capacidade produtiva. Daqui resultará um projecto para fazer a diferença na indústria da caixilharia e o cliente se afirmar mais ainda a nível nacional e internacional. A linha de pintura terá que ser pensada para um funcionamento simples e prático a um menor custo possível adequada às necessidades da empresa em causa.

2. A EMPRESA

2.1 Caracterização dos Perfis

Os perfis aqui caracterizados são, por indicação da empresa por serem os mais vendidos, os mais importantes e os que serão levados em conta no desenvolvimento da linha de pintura. No entanto, a linha de pintura automática deverá ser flexível para dar a possibilidade de ser afinada a outros perfis nas suas formas e dimensões.

Na Figura 6 observa-se uma janela em PVC em corte. Pode-se constatar que os dois perfis levam um reforço interior. Este reforço é em aço galvanizado com a função de conferir maior resistência ao PVC.

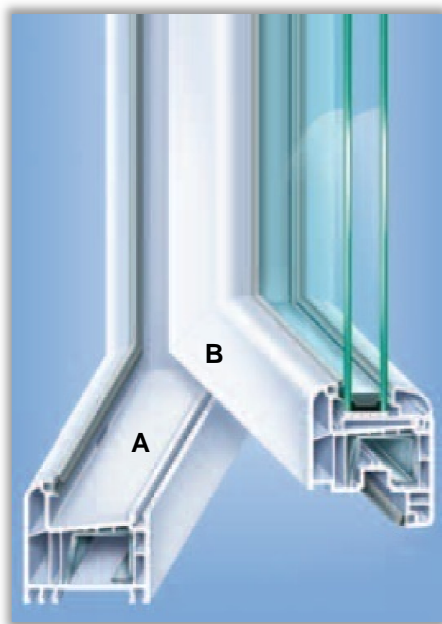


Figura 6 – Ilustração de uma Janela em PVC constituída por um perfil da família dos aros (A) e outro da família das folhas (B) (Kömmerring, 2009).

Existe uma gama muito variada de perfis. O processo a implementar tem de responder às especificidades dos perfis. Para um melhor entendimento destes é importante analisar-se quanto à sua família, forma e função. Os perfis pertencem a diferentes famílias:

- Aros;
- Folhas;
- Travessas.

Dentro destas famílias, existem vários tipos de perfis. Os perfis de cada família têm a sua função numa janela. Esta abordagem será importante para se perceber quais as faces que o

constituem, quais são para pintar e onde terminam e começam (fronteiras faciais). Na Figura 7 observam-se os perfis considerados e a respectiva família a que pertencem.

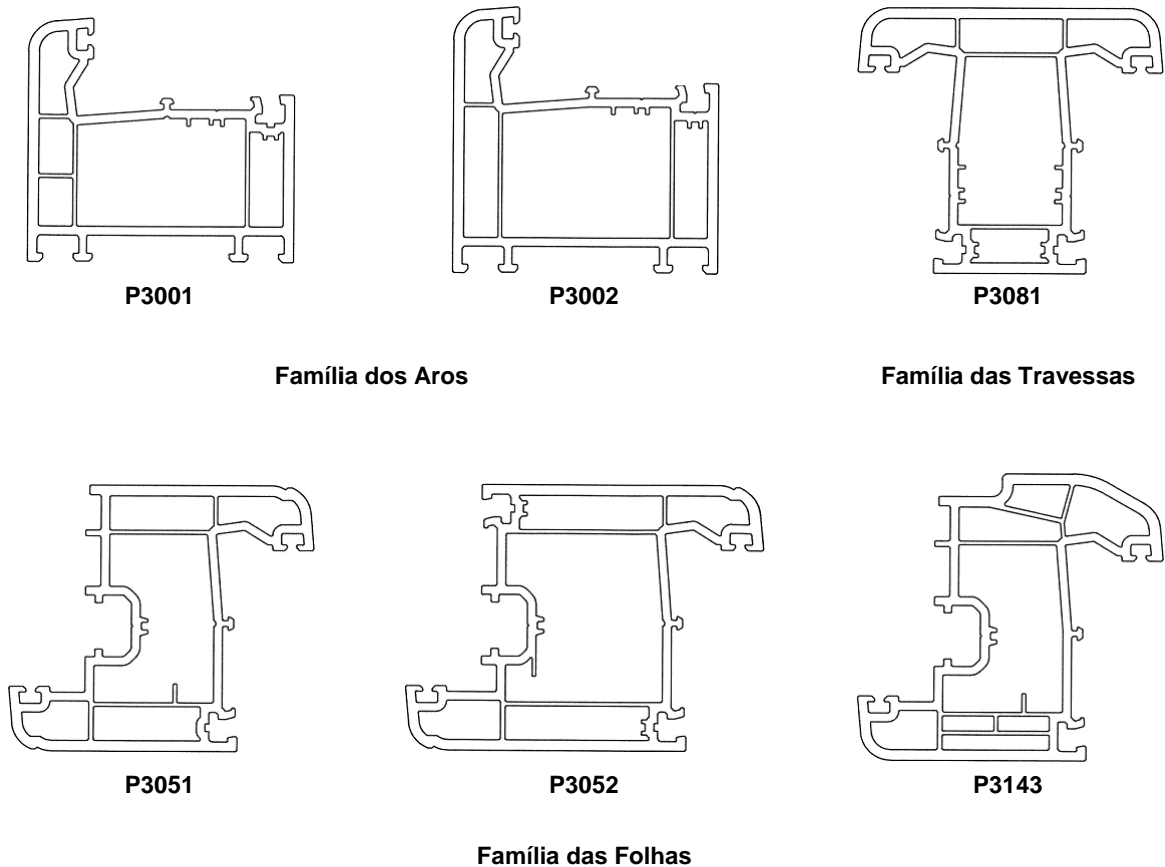


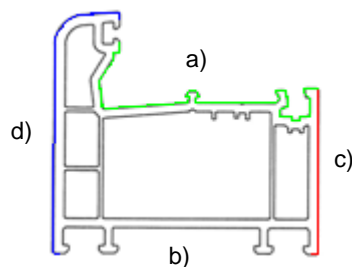
Figura 7 – Exemplo de famílias e alguns dos seus perfis.

Cada perfil é composto por quatro faces. No entanto existem três tipos de faces:

- Face exterior;
- Face interior;
- Alma.

A face exterior é a face do perfil que se visualiza a partir do exterior e a interior a partir do interior. A alma é o “miolo” do perfil, que fica entre o exterior e o interior. Seguidamente faz-se a identificação das faces em um perfil de cada família com a identificação das fronteiras faciais através das cores.

Na Figura 8 estão identificadas as faces de um perfil da família dos aros. Os aros são perfis que são sempre fixos à parede. A alma pode eventualmente não ficar visível caso se monte o vidro, assim sendo não é necessário pintar a alma por não se encontrar visível.

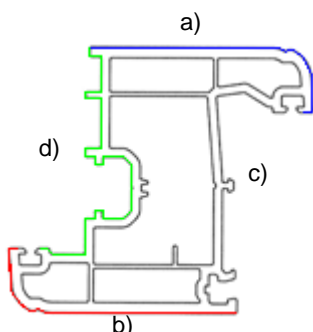


Família dos Aros:

- a) Alma;
- b) Face não classificada (nunca é pintada porque não fica visível por estar em contacto com a parede);
- c) Face interior;
- d) Face exterior.

Figura 8 – Caracterização das diferentes faces no aro P3001.

Na Figura 9 estão identificadas as faces de um perfil da família das folhas. Estas são os perfis onde os vidros são montados, logo fazem o movimento de abertura da janela.

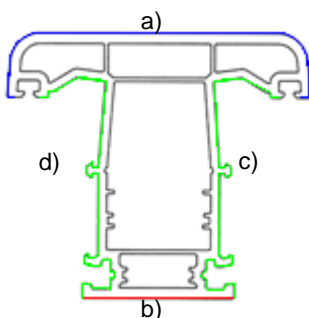


Família das Folhas:

- a) Face exterior;
- b) Face interior;
- c) Face não classificada (nunca é pintada porque não fica visível por ser aplicado o vidro);
- d) Alma.

Figura 9 – Caracterização das diferentes faces da folha P3051.

Na Figura 10 estão identificadas as faces do perfil da família das travessas. Estas são os únicos perfis que possuem duas almas. Estas são diferentes das dos restantes porque coincidem com as faces onde se podem montar os vidros. As travessas são posicionadas na vertical e podem estar fixas ou não. Servem de batente de um lado e do outro aos aros mas também pode ser aplicado o vidro em umas das suas almas.



Família das Travessas:

- a) Face exterior;
- b) Face interior;
- c) Alma;
- d) Alma.

Figura 10 - Caracterização das diferentes faces da travessa P3081.

Todos os perfis considerados possuem dois tipos de encaixes, para o vedante e outro para o bite, como se pode observar na Figura 11. Mediante o perfil, podem existir mais do que um encaixe para cada um. O primeiro serve para ajustar e fixar o vidro e o outro serve para vedar a entrada de água para o interior do perfil. O bite é em PVC e também é pintado (separadamente do perfil) e o vedante é em borracha. O bite e o vedante podem ser observados na Figura 12.

Os encaixes referidos são iguais em forma e dimensões em todos os perfis, por isso, são facilmente identificáveis em qualquer perfil. Através da Figura 7, facilmente se constata que o bite pode ser aplicado a todos os perfis menos ao P3077. Dependendo do tipo de janela, o bite nem sempre é montado, por isso é que o seu encaixe é pintado, como se observa nas figuras anteriores de caracterização das faces dos perfis. O perfil P3081 é o único que pode levar dois bites por ser possível montar o vidro nas faces d) e c) da Figura 10 (as almas) enquanto os restantes levam no máximo um, sempre no encaixe do lado do vidro.

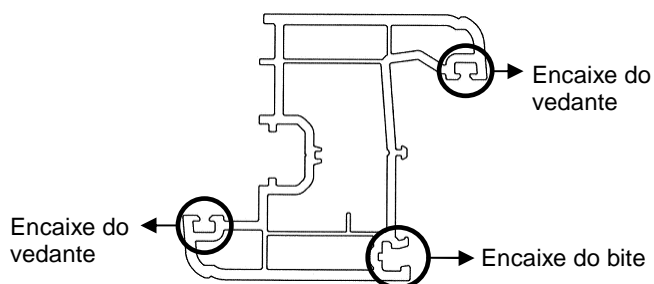


Figura 11 – Identificação dos encaixes no Perfil P3051.

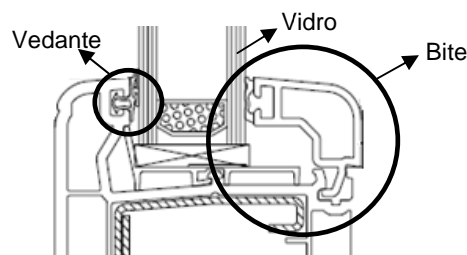


Figura 12 – Imagem em corte de uma janela com referência ao bite, vedante e ao vidro no perfil P3051.

Os vedantes e o bite só são montados depois de os perfis serem pintados. Os perfis da família das folhas (como o P3051 da Figura 11) e da família das travessas (o P3081 da Figura 10) tem dois encaixes para vedantes enquanto os da família dos aros (o P3051 e o P3052) tem apenas um (Figura 8).

Na Figura 13 observa-se um pormenor do perfil P3001 onde, através de cores, se percebe onde termina (ou começa) a face exterior e alma. A linha de pintura terá que respeitar este requisito de pintura pretendido pela empresa.

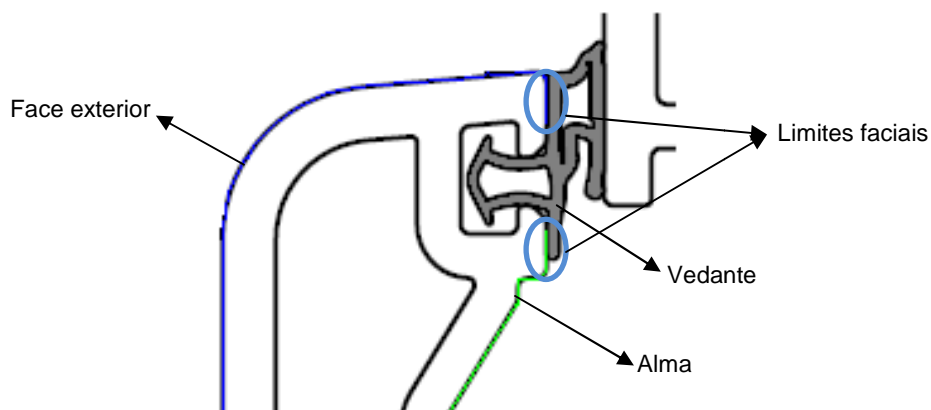
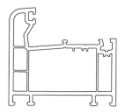
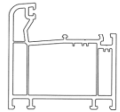
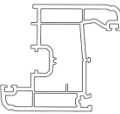
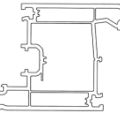

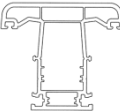


Figura 13 – Detalhe do encaixe do vedante no perfil P3001.

Na Tabela 2 apresenta-se um resumo dos perfis a serem considerados.

Tabela 2 – Perfis considerados.

Designação	Figura	Família
P3001		Aros
P3002		
P3051		Folhas
P3052		
P3143		
P3081		Travessas

Para um melhor entendimento de como estes perfis se integram numa janela, pode-se consultar o Anexo B onde estão alguns desenhos de conjunto. São com perfis como estes que se produzem as janelas em PVC.

2.2 Caracterização do Processo Actual

É chamada de lacagem o processo de produção onde os perfis são pintados, desde a sua preparação até à cura da pintura. É onde se realiza todo um processo sequencial cujo objectivo é dar acabamento aos perfis. A lacagem dos perfis pode ser dividida em 3 fases distintas de produção:

- *Fase 1:* Preparação do perfil (Antes da estufa);
- *Fase 2:* Acabamento (Na estufa);
- *Fase 3:* Finalização (No secador).

A empresa utiliza duas marcas de tinta para pintar os seus perfis. Usa a tinta da Deceuninck e a tinta da SpiesHecker (linha da DuPont). As cores são divididas em dois tipos:

- As Lisas;
- As Metalizadas.

As cores metalizadas diferem das lisas porque são as que apresentam um efeito metalizado tal como é diferenciado nos automóveis. RAL é um sistema de definição de cores desenvolvido a partir de uma tabela de 40 tonalidades e inclui as cores lisas e metalizadas. Hoje, a utilização da tinta da Deceuninck resume-se praticamente à utilização das cores metalizadas. A preparação destas tintas é realizada apenas com a mistura de resina, endurecedor e diluente, enquanto para as tintas da SpiesHecker começam por fazer a própria resina, fazendo eles próprios as misturas para gerar suas cores, para depois então misturarem o endurecedor e o diluente. No Gráfico 1 observa-se a percentagem de utilização do tipo de cores de cada marca.

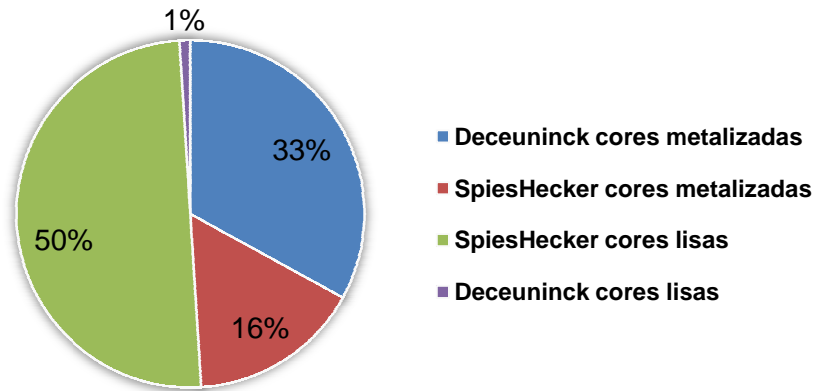


Gráfico 1 – Percentagem de utilização do tipo de cores de cada marca.

Nas seguintes fases em análise, as etapas são as mesmas independentemente da tinta a usar.

Fase 1

As etapas da Fase 1 para ambas as tintas seguem o esquema da Figura 14. Esta apenas serve para limpar e eliminar defeitos superficiais do perfil.

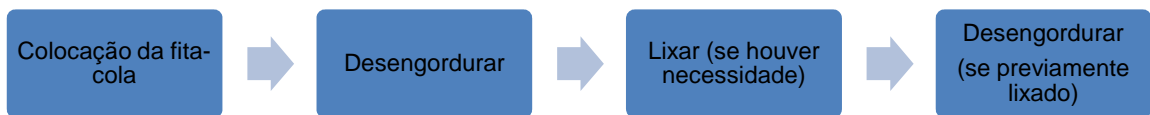


Figura 14 – Esquema da Fase 1 – Preparação dos perfis.

Esta fase inicia-se com o apoio dos perfis em 3 pontos sobre uns cavaletes posicionados paralelamente entre si. Os perfis devem estar apoiados de forma não flectirem para não se deformarem plasticamente. Este é um cuidado a ter ao longo de todo o processo, não só na lacagem mas também nas restantes fases da produção de janelas.

Assim, a protecção das faces a não pintar é dada por uma fita-cola que é colocada a todo o comprimento. Seguidamente, desengorduram-se as faces a pintar para tirar o efeito mate do PVC para se verificar visualmente e mais facilmente as imperfeições. No caso de haver, lixa-se no local das imperfeições para depois se desengordurar apenas no local da imperfeição. O desengorduramento faz-se com papel húmido em um líquido próprio assim como a lixagem através de uma lixa própria.

Esta fase desenvolve-se num ambiente sem qualquer tipo de controlo mas deveria ser em ambiente controlado principalmente devido ao PVC facilmente adquirir electricidade estática e

assim atrair a sujidade suspensa. Isto não se faz devido à estufa estar ocupada com perfis para pintar. Na Figura 15 observa-se a área destinada a esta fase na empresa.



Figura 15 – Fase 1: Área destinada à preparação dos perfis.

Fase 2

Na Fase 2 os perfis são colocados dentro da estufa, a 20°C e com um caudal de ar quente de 29,000m³/h e apoiados da mesma forma que na fase anterior. O ar que entra na estufa é aquecido através de um queimador a gasóleo.

Na fase 2, o perfil passa pelas etapas da Figura 16 para o uso de qualquer uma das tintas excepto para as tintas da Deceuninck de cores metalizadas. Estas cores quando são utilizadas necessitam da aplicação do verniz.



Figura 16 – Fase 2 do esquema de pintura na utilização das cores metalizadas da Deceuninck – Acabamento.

Aplicação do Primer:

A estufa tem a capacidade para cerca de 35 a 40 perfis onde aplicam uma demão (nestes perfis) de um líquido chamado de primer (ou promotor de aderência), através de um pano próprio. A aplicação é realizada através de um movimento contínuo de deslizamento sobre a face com o objectivo de promover melhor aderência da tinta pela abertura dos poros do PVC.



Figura 17 – Fase 2: Estufa.

Pintura:

Após a espera de no mínimo de 2 minutos para que os voláteis do primer evaporem, os perfis são pintados manualmente com movimentos de vaivém a todo o comprimento, no sentido de cima para baixo, dentro de uma estufa a 20°C. Estes dois minutos para o primer secar passam enquanto os homens aplicam nos outros perfis. A circulação de ar na estufa dá-se a uma determinada velocidade no sentido descendente de modo a não afectar a qualidade da pintura por ter a mesma direcção e sentido das partículas de tinta. O sistema de aquecimento da estufa no inverno aquece até aos 20°C mas no verão, quando as temperaturas são muito elevadas, não existe arrefecimento para mantê-la nos 20°C, ultrapassando mesmo os 30°C no interior. Nestas condições e de forma a não alterar a qualidade da pintura, eles são obrigados a alterar o peso percentual dos componentes da tinta de modo a ter o mesmo comportamento como se estivesse a 20°C e assim manter os níveis de qualidade desejados. Cada perfil leva segunda demão mas, antes disso, passa sensivelmente cinco minutos para dar tempo para que os solventes se evaporarem e a tinta inicie ligeiramente o seu processo de cura (dados do cliente). Isto permite obter os níveis de qualidade óptimos.

Aplicação do Verniz:

No caso de se usarem tintas metalizadas da Deceuninck o perfil tem que ser envernizado após 3 a 5 minutos da pintura com duas demãos. As restantes cores, inclusive as metalizadas da SpiesHecker, não precisam de verniz.

Fase 3

No secador (Fase 3) os perfis são pousados num carrinho com 10 apoios (igualmente espaçados) de modo a não causar flexão no perfil, que levaria à criação de tensões na pintura durante a cura, para não colocar em risco a garantia da tinta. Esta situação levaria precocemente ao descascar da pintura.

Nesta fase, os perfis ficam num estágio durante 48 horas a 40°C excepto quando são pintados com as cores metalizadas da Deceuninck que ficam 24h para a cura da tinta. Na Figura 18 observa-se uma fotografia da estufa onde se realiza a cura da tinta.



Figura 18 – Fase 3: Secador.

Completadas estas três fases consecutivas, o perfil completa um ciclo de produção. O número de ciclos necessários para a pintura dos perfis depende das combinações de pintura (de faces e de cor) a realizar. Os perfis completam o ciclo com uma pintura de 40 μ m de espessura (tinta seca).

A fase 2 é a fase mais importante para este trabalho e a que a linha de pintura automática deverá ser capaz de reproduzir.

2.3 Análise dos Perfis Pintados

A análise da pintura dos perfis pintados é importante no sentido de se perceber a abrangência da pintura nas zonas críticas das faces, principalmente nas faces de maior complexidade geométrica como a alma.

Numa visita às instalações da empresa foi possível observar que existem zonas do perfil em que a tinta, durante a pintura, não atinge por não haver ângulo de ataque (Figura 19, Figura 20 e Figura 21), logo, depois de a janela estar acabada também não existe ângulo visual que dê para ver o branco destas zonas. Estas apenas são visíveis quando os perfis são observados pela sua secção.

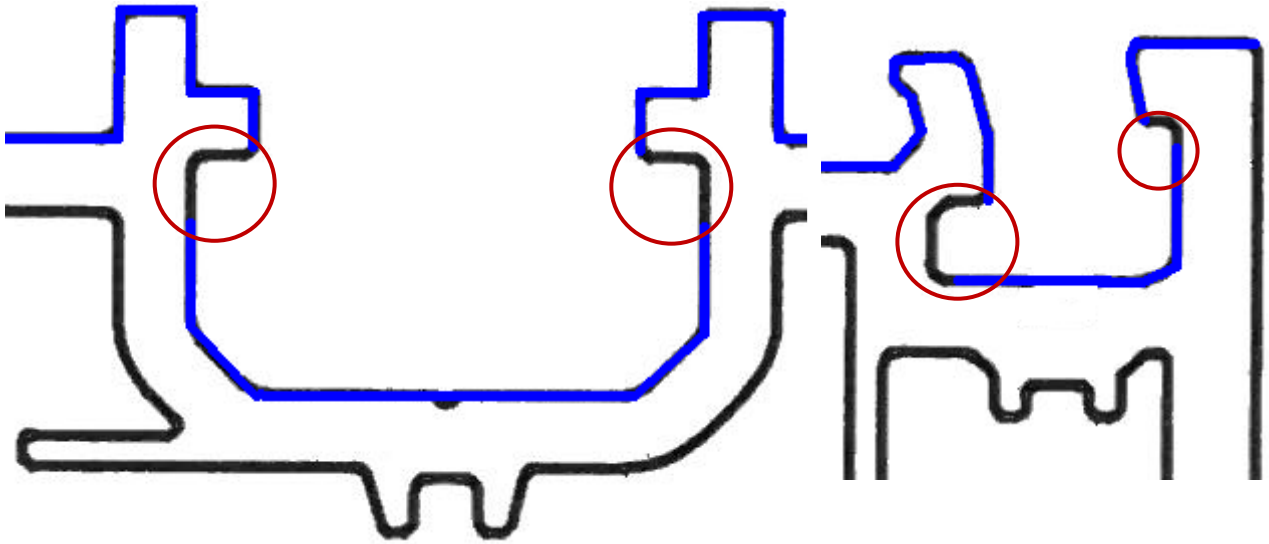


Figura 19 – Zona central da alma do P3052 onde a tinta não chega (assinalada por um círculo).

Figura 20 – Zona de encaixe do bite da alma onde a tinta não chega (assinalada por um círculo).

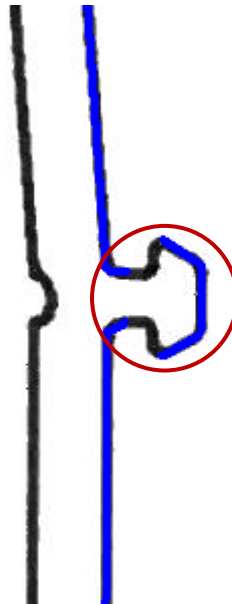


Figura 21 – Zona não pintada (assinalada por um círculo) da face do P3052 que permite montar o vidro ou alma em alguns tipos de perfis.

A linha de pintura automática deverá ser capaz de pintar os perfis considerados conseguindo cumprir, da mesma forma, com a pintura das áreas críticas aqui analisadas.

2.4 Combinações de Pintura

A empresa realiza todas as possibilidades de pintura com maior ou menor número de ciclos, dependendo do tipo de perfil, do número de faces e do número de cores a pintar. Estas passam

pela combinação de pintura entre as faces do perfil e o número de cores. As combinações podem ser:

1. A pintura de três faces com as cores X, Y e Z;
 2. A pintura de três faces com a cor X;
 3. A pintura de duas faces com a cor X e a uma face com Y;
 4. A pintura de duas faces com as cores X e Y;
 5. A pintura de duas faces com a cor X;
 6. A pintura de 1 face com a cor X. → Pintura de uma face
- } Pintura de três faces
- } Pintura de duas faces

A relação entre as diferentes faces com o número de cores gera ainda mais possibilidades de pintura. Por exemplo, na possibilidade 3, as duas faces podem ser a exterior/interior ou exterior/alma ou interior/alma.

Actualmente, nos perfis considerados (Tabela 2), a empresa realiza as seguintes combinações de pintura de faces com uma, duas ou três cores (Tabela 3).

Tabela 3 – Combinações de faces a pintar por cor.

1 Cor (X)	2 Cores (X, Y)	3 Cores (X, Y e Z)
<ul style="list-style-type: none"> • Pintura só do exterior • Pintura só do interior • Pintura só da alma • Pintura das 3 faces com a mesma cor • Pintura do interior e da alma com a mesma cor • Pintura do exterior e da alma com a mesma cor • Pintura do interior e do exterior com a mesma cor 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura do interior e da alma com a mesma cor e a exterior com outra • Pintura do exterior e da alma com a mesma cor e a interior com outra 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura das 3 faces com cores diferentes • Restantes combinações com 2 almas (perfil P3081)

Da Tabela 3 verifica-se que existem 7 possibilidades de pintura com uma cor (X) e duas possibilidades com duas (X, Y) e três cores (X, Y, Z).

A pintura de perfis com 3 cores faz-se numa percentagem muito baixa. Normalmente a alma tem a mesma cor do interior ou do exterior no caso mais comum de duas cores.

Estas combinações de pintura diferem de perfil para perfil no que respeita ao número de ciclos para satisfazer alguma das combinações anteriores. Um maior número de ciclos significa maior tempo de produção. As combinações de pintura determinam o número de ciclos necessários para atingir determinadas combinações. Na Tabela 4 observa-se esses ciclos correspondentes a cada perfil por cor e por combinação.

Tabela 4 – Número de ciclos de pintura necessários por cor em cada perfil.

	1 Cor						2 Cores		3 Cores			
	Pintura só do exterior	Pintura só do interior	Pintura só da alma	Pintura das 3 faces com a mesma cor	Pintura do interior e da alma com a mesma cor	Pintura do exterior e da alma com a mesma cor	Pintura do interior e do exterior com a mesma cor	Pintura do interior e da alma com a mesma cor e a exterior com outra	Pintura do exterior e da alma com a mesma cor e a interior com outra	Pintura das 3 faces com cores diferentes	Restantes combinações com 2 almas (perfil P3081)	
P3001	1 Ciclo	1 Ciclo	1 Ciclo	1 Ciclo	1 Ciclo	1 Ciclo	1 Ciclo	2 Ciclos	2 Ciclos	3 Ciclos	-	
P3002												
P3051												
P3052												
P3143												
P3081												3 Ciclos (P3081)

2.5 Análise da Produção

No Gráfico 2 é apresentada a evolução nas vendas dos perfis na empresa ao longo dos meses. Os valores dizem respeito ao ano de 2009 nos meses de Janeiro a Maio.

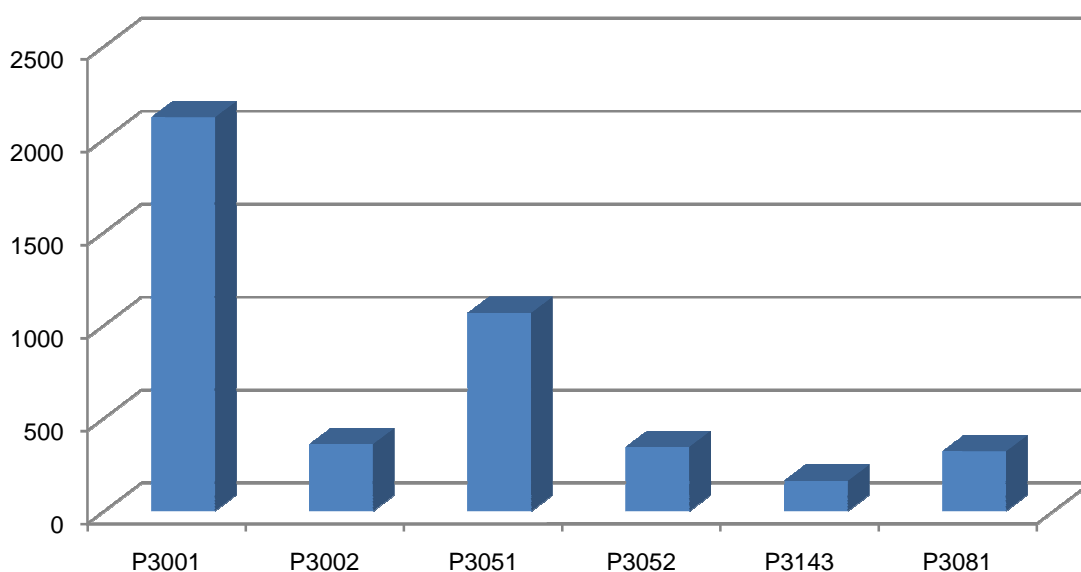


Gráfico 2 – Número de perfis pintados, para cada tipo, de Janeiro a Maio 2009.

Da análise do Gráfico 2 observa-se que os perfis P3001 e o P3051 são os mais vendidos e que se destacam claramente dos restantes. No total venderam-se 4379 perfis nos cinco primeiros meses de 2009, o que dá uma média de 875 perfis por mês. Estes números são obtidos sem que tenha havido paragens na produção.

3. DESENVOLVIMENTO DA LINHA DE PINTURA AUTOMATIZADA

3.1 Mission Statement

O mission statement é o resultado do planeamento de produto, ou seja, a empresa especifica uma oportunidade de mercado que determina as grandes limitações e objectivos para o projecto. O mission statement indica qual direcção a tomar mas geralmente não determina um destino preciso ou um caminho particular a seguir (Ulrich, et al., 2008).

O mission statement para a linha de pintura automática é definido na Tabela 5 (Ulrich, et al., 2008).

Tabela 5 – Mission Statement.

Projecto linha de pintura automática	
Descrição do produto:	✓ Linha de pintura automática para pintar os perfis em PVC para caixilharia
Propósito do benefício:	✓ Pintar os perfis mais rapidamente de uma forma automática a um menor custo
Objectivos chave do negócio:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reforçar a sua liderança no mercado nacional e aumentar no mercado estrangeiro ✓ Dar resposta à previsão do aumento exponencial do uso das janelas em PVC
Mercado primário:	✓ Construção Civil do Mercado Europeu Ocidental e de Leste
Mercados secundários:	✓ Construção Civil do Mercado Africano
Premissas e Restrições:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diminuição da mão-de-obra ✓ Perfis de formas variadas e complexas ✓ Perfis de seis metros de comprimento ✓ Fronteiras faciais muito bem definidas ✓ Qualidade da pintura ✓ Flexão do perfil com o próprio peso ✓ Pintura até três cores diferentes no mesmo perfil (uma em cada face) ✓ Área disponível
Intervenientes:	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Empresa nacional do ramo da caixilharia ✓ INEGI ✓ Potenciais empresas fornecedoras para produção da linha de pintura ✓ Empresa produtora dos perfis em PVC (fornecedora actual dos perfis) ✓ Empresas vendedoras de tintas ✓ Cliente final (o que supostamente vai comprar a casa com as janelas)

De referir que na Tabela 5 os principais intervenientes são a empresa (entidade para a qual se destina este trabalho) e o INEGI.

3.2 Benchmarking

Ao partir-se para o desenvolvimento de um novo produto é necessário estudar os produtos da mesma família já existentes no mercado com o intuito de se estabelecer referências. Esta fase é

de extrema importância no sentido de diagnosticar factores críticos do negócio e assim refinar estratégias no sentido de se produzir produtos mais inovadores. Todo este processo é conhecido como Benchmarking (Ulrich, et al., 2008).

Fazer uma análise de mercado para o equipamento que é proposto não é fácil, no sentido de não existir comercialmente uma linha de pintura automática para pintar perfis em PVC de 6 m para caixilharia.

Através de pesquisas verificou-se que existem máquinas para pintar os mais variados produtos mas para este tipo especificamente não existem. A informação disponibilizada sobre estas máquinas não eram relevantes, por isso decidiu-se não a incluir neste relatório.

Contudo e através da empresa, foi possível fazer algum benchmarking pela viagem realizada à Bélgica, ao seu fornecedor dos perfis em PVC, que possui as únicas máquinas conhecidas para pintar este tipo de produto. O objectivo desta viagem foi compreender o funcionamento das suas linhas de pintura para servir de base, de algo que existe e funciona, tirando algumas ideias e conclusões que possam ser vantajosas para este projecto.

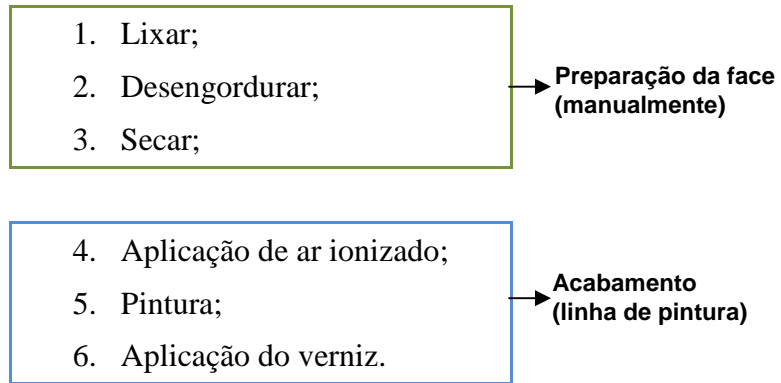
Durante a visita às instalações do fornecedor, observou-se que eles possuem duas máquinas para pintar os perfis em PVC, uma mais antiga (linha A) e outra mais recente (linha B). Eles pintam 60% dos seus perfis na linha A, 30% na linha B e 10% manualmente. Seguidamente faz-se uma análise quanto à funcionalidade das linhas assim como aos sistemas que as compõem.

3.2.1 Caracterização Funcional das Linhas de Pintura Automáticas da Bélgica

No pavilhão onde se realiza o acabamento dos perfis, a temperatura ambiente é constante a 20°C em qualquer altura do ano. Os perfis, antes de começarem a serem preparados para a pintura, ficam (depois de serem transportados do armazém onde se encontram à temperatura ambiente) dentro deste pavilhão armazenados por um período de tempo a fim de estabilizarem a sua temperatura e não causar qualquer choque térmico durante a pintura e assim influenciar negativamente a qualidade da pintura. Aliás um dos factores mais importantes na pintura é a temperatura. A variação desta influencia fortemente a viscosidade da tinta. Na Bélgica durante o inverno as temperaturas chegam a ser negativas, então há necessidade de uma estabilização térmica do PVC antes da pintura. Eles apenas usam uma marca de tinta, a Deceuninck, tal como a empresa para a qual este trabalho se desenvolve usa.

Linha A:

É precisamente à temperatura ambiente de 20°C que a máquina A pinta os perfis em PVC. Nesta máquina existe a possibilidade de serem pintados diferentes tipos de perfis ao mesmo tempo, todos na mesma cor, no entanto uma face de cada vez, a exterior ou a interior. Os perfis passam pelas seguintes etapas:



As primeiras etapas de preparação da face são realizadas manualmente por uma pessoa fora da linha da pintura, antes da entrada nesta. A face do perfil a pintar é lixada através de uma lixa própria, depois desengordurada através de um pano húmido de um líquido próprio para o efeito e com outro pano igual mas seco, enxuga a face. Seguidamente, vários perfis (iguais ou não) são colocados paralelamente na linha de pintura parada já dentro das máscaras cuja função é de realizar a protecção das faces tal como se observa na Figura 22.

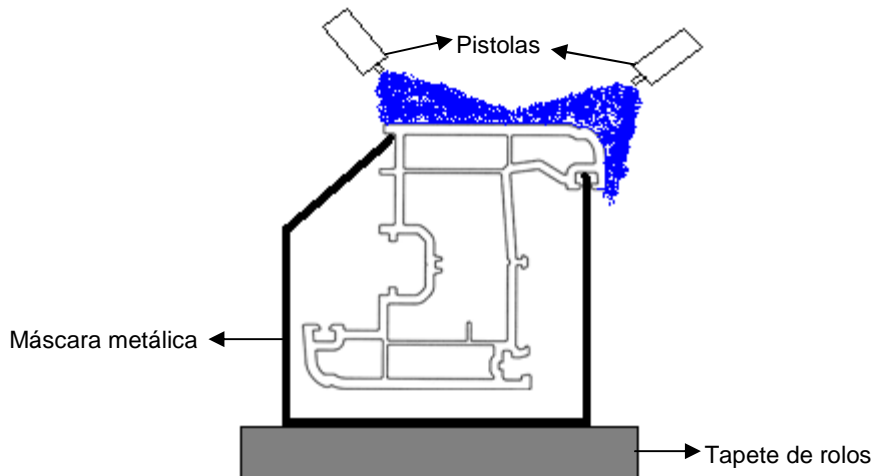


Figura 22 – Imagem de perfil durante a pintura do P3051 na linha A.

Na Figura 23 observa-se um conjunto de perfis na parte inferior da imagem na zona 1. Esta zona é caracterizada como a zona de carregamento da máquina. A partir daqui, os perfis avançam na linha de pintura com uma velocidade de 0.3m/s onde são imediatamente atingidos com ar ionizado cuja função é tornar nula a carga electrostática da face do perfil (de cerca -12V para 0V segundo a empresa belga), principalmente para não atrair sujidade. Devido à pintura e a aplicação do verniz se realizar através de movimentos vaivém e transversal das cassetes em relação aos perfis, estes a um dado momento, desde o arranque da linha de pintura, passam a ter um movimento intermitente de forma a pintar a superfície das faces correctamente.

Entende-se por cassetes o conjunto constituído pela estrutura que comporta um conjunto de pistolas. Existem duas pistolas de cada lado, fixas com determinado ângulo e distância aos perfis tal como se observa na Figura 22. A primeira cassete é constituída por quatro pistolas de pintura posicionadas paralelamente entre si segundo a Figura 23. A segunda cassete possui outras quatro pistolas posicionadas da mesma forma que as anteriores mas para aplicação do verniz. As duas cassetes estão separadas a uma distância de 5 a 6m.

Percorridos as zonas 1, 2 e 3 da forma descrita, o perfil avança para a zona 4 onde se faz o descarregamento dos perfis para depois serem transportados manualmente por duas pessoas e colocados nos suportes. Na Figura 23 está esquematizado o funcionamento da linha A.

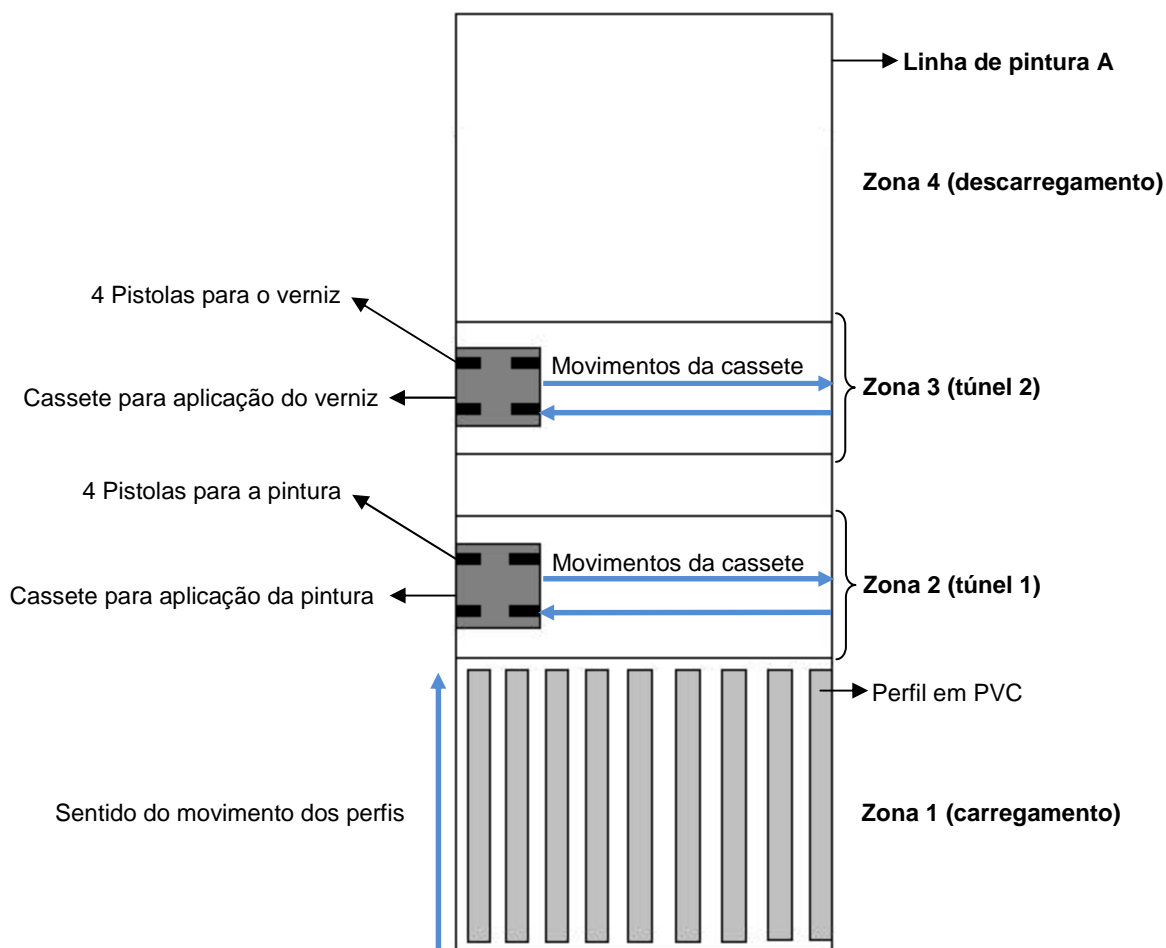
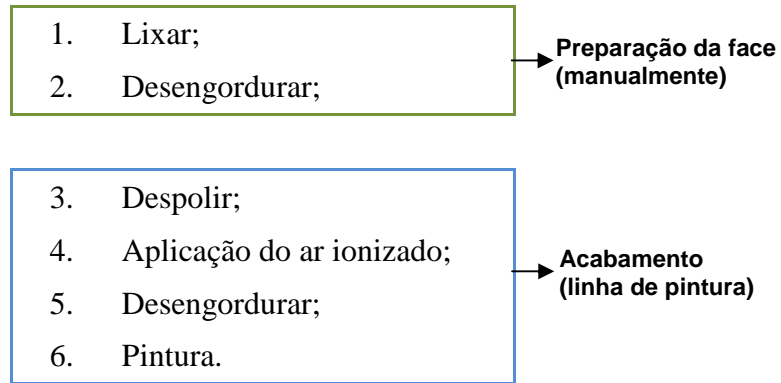


Figura 23 – Planta da linha A.

Antes de os perfis seguirem para o secador são sujeitos ao chamado de “flash-off”. O “flash-off” é um estágio de cerca de 15 minutos, à temperatura ambiente (20°C), onde os perfis são submetidos para que os solventes comecem a evaporar, ou seja, a pintura comece a curar. Depois de terminado os perfis seguem para o secador.

Linha B:

A linha B, tal como a A, só pinta uma face de cada vez, sendo ela a interior ou a exterior, com a mesma cor ou com cores diferentes. As etapas que o perfil vai estar sujeito quando envolve a pintura nesta linha são:



A primeira etapa é realizada manualmente por uma pessoa que se encontra na entrada da linha de pintura. Essa pessoa tem de estar constantemente a desengordurar e a alimentar a máquina porque nesta os perfis seguem em linha encostados uns nos outros com uma velocidade de 0.6m/s.

A partir da etapa 2 é tudo realizado na linha de pintura. O perfil entra na linha e passa por um rolo superior que, com uma rotação contrária ao movimento do perfil, faz o despolimento da face do perfil como indica na Figura 24.

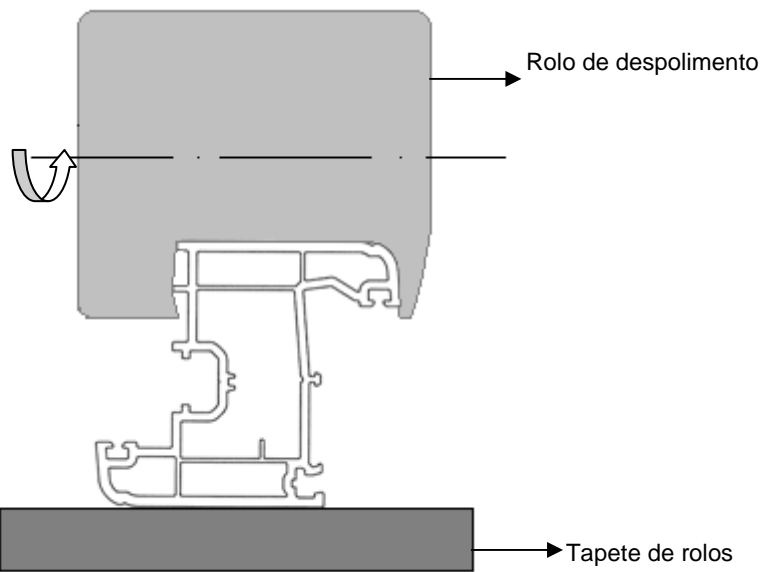


Figura 24 – Perfil P3051 a ser lixado na etapa 2.

Em seguida ao despolimento, a face do perfil passa pela aplicação do ar comprimido e em seguida do ar ionizado de forma a anular a carga electrostática para não atrair a sujidade que se encontra no ambiente.

Depois da aplicação do ar ionizado a face do perfil é desengordurada por uma pessoa directamente na linha de pintura através de um pano próprio húmido de um líquido próprio para o efeito e em seguida é pintado segundo o esquema da Figura 25. O perfil é guiado de forma que as protecções metálicas encaixem correctamente neste como se observa na Figura 25.

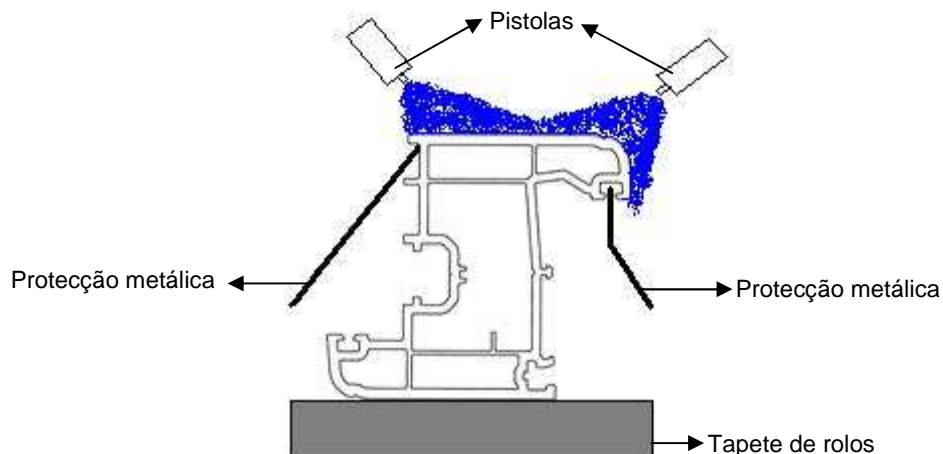


Figura 25 – Perfil P3051 a ser pintado durante a etapa 4 da máquina B.

As duas linhas analisadas fazem o mesmo trabalho, ou seja, pintam uma face de cada vez, a interior ou a exterior mas existem algumas diferenças que podem ser confrontadas:

- Ao contrário da linha A, a B tem um movimento contínuo ao longo de toda a linha. Ela não pára o que lhe proporciona uma melhor cadência de produção;
- A alimentação da linha B é realizada manualmente de perfil a perfil enquanto a máquina está sempre em movimento. A linha A está parada enquanto está a ser carregada e os perfis vão em paralelo e afastados uma determinada distância entre si;
- Inicialmente, a linha B está preparada para receber um determinado perfil por ter as protecções adequadas ao perfil, por isso, só pode pintar esse perfil de forma contínua caso contrário terá que parar a máquina para mudar as protecções. A protecção dos perfis na linha A são diferentes e permitem pintar perfis diferentes ao mesmo tempo;
- Os perfis na linha B passam pelas mesmas etapas do que na linha A, excepto a aplicação do verniz;
- O despolir é realizado na linha B enquanto na linha A não;
- O número de pistolas também são diferentes da linha A para a B. A primeira usa mais também por aplicar o verniz. Na pintura, mais concretamente, a linha A usa 4 pistolas enquanto a linha B usa apenas 2;
- A linha A fisicamente é muito maior e robusta que a linha B;
- A linha B tem uma velocidade de 0.66m/s (segundo a empresa fornecedora de perfis), o dobro da linha A.

O envernizamento dos perfis da linha B é realizado manualmente. Os perfis que não podem ser pintados em nenhuma destas linhas são pintados manualmente.

Na Tabela 6 resume-se em forma de tabela, algumas vantagens de linha A em relação à linha B ou vice-versa.

Tabela 6 – Vantagens da linha A em relação à linha B ou vice-versa.

	Linha A	Linha B
Vantagens	Aplicação do verniz	Maior cadência
	Possibilidade de pintura de diferentes perfis ao mesmo tempo	Maior velocidade da linha
	Pinta maior variedade de perfis	Máquina menos espaçosa
	-	Mais barata
	-	Menos gasto de tinta por possuir menos pistolas
	-	Faz o despolimento dos perfis
	-	Aplica ar comprimido

3.2.2 Análise dos Sistemas das Linhas de Pintura Automáticas usadas na Bélgica

Nesta secção pretende-se reunir mais alguma informação sobre as linhas de pintura ainda não referidas. Uma linha de pintura é um conjunto de sistemas integrados que tornam possível o acabamento do perfil em PVC. Este acabamento é caracterizado principalmente pela pintura, já que uma linha de pintura faz mais coisas para além desta, só que, para o consumidor final o que vê é a pintura e não tem conhecimento do que é preciso fazer para se obter uma pintura de qualidade. Dentro do possível, conseguiu-se reunir uma série de dados importantes sobre os seguintes sistemas das respectivas linhas:

- Sistema de Transporte;
- Sistema de Guiamento;
- Sistema de Protecção;
- Sistema de Pintura;
- Sistema de Exaustão/Aquecimento.

Sistema de Transporte

Este sistema diz respeito ao transporte dos perfis na linha de pintura. Tanto na linha A como na linha B o transporte é realizado por rolos metálicos tal como pode ser observado na Figura 22 e na Figura 25. Alguns destes rolos são motorizados que transmitem o movimento a todos os outros através de correntes.

Sistema de Guiamento

Este sistema na linha A não existe porque esta quando é alimentada de perfis que já tem a sua própria protecção, logo não é necessário guiar os perfis para entrar em nenhuma protecção como acontece na linha B.

O sistema de guiamento é de extrema importância para a linha B. Um guiamento mal feito pode causar a interrupção da linha e nada serve o bom funcionamento dos restantes sistemas se não realiza uma protecção eficaz ao contaminar as restantes faces. Na Figura 26 está exemplificado como o sistema funciona na linha.

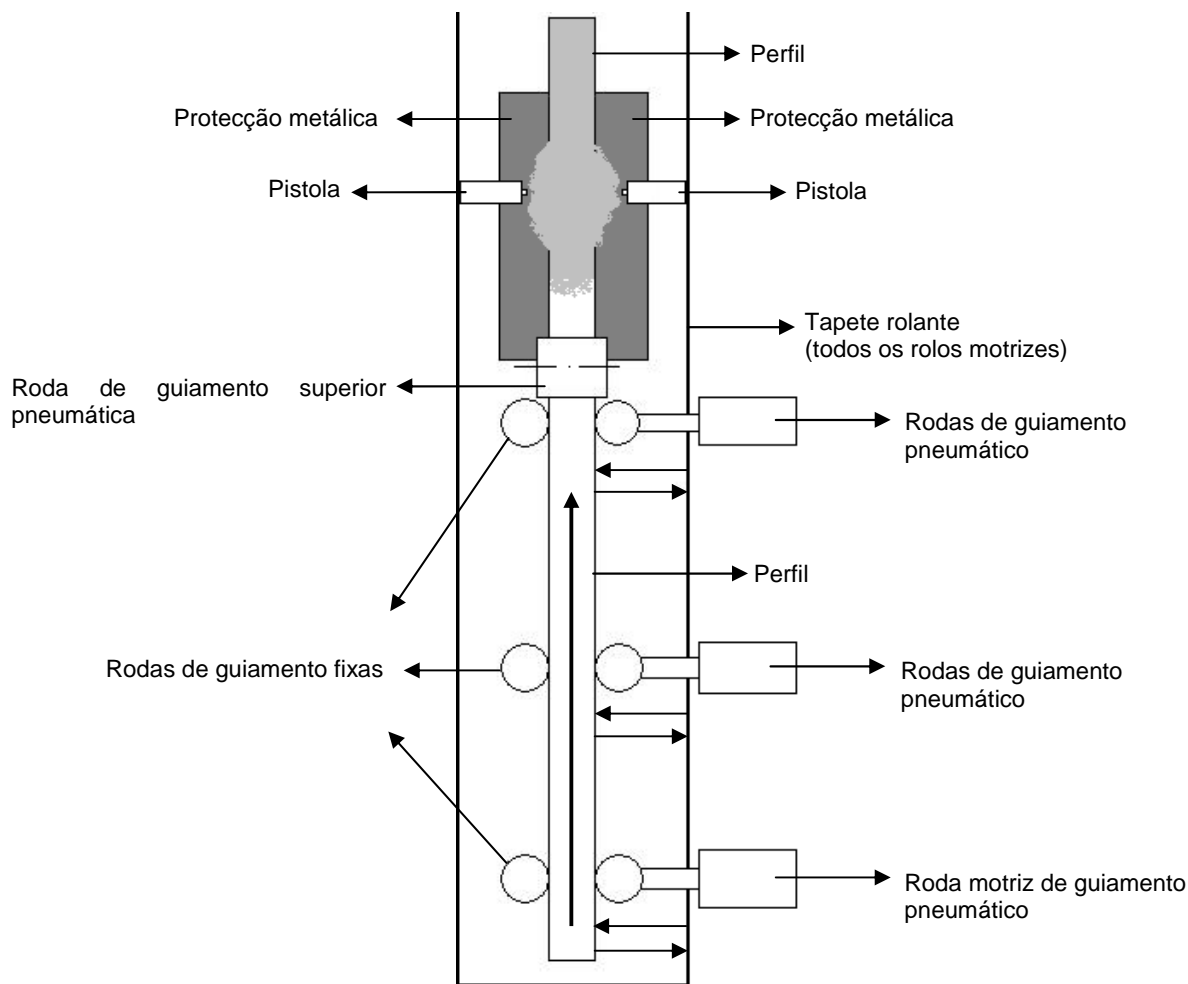


Figura 26 – Planta da linha B.

O perfil é colocado manualmente na linha onde a um dado momento os rolos é que transmitem o movimento ao perfil. Através da detecção do perfil por um sensor, os cilindros pneumáticos actuam e encostam o perfil contra as rodas fixas e bambas. A primeira roda pneumática é motriz também no sentido do rolo não escorregar no tapete devido ao atrito causado, principalmente, pela lixagem realizada antes da aplicação do ar ionizado e da pintura.

Sistema de Protecção

O sistema de protecção da linha A para a B diferem tal como já foi visto. Os requisitos necessários para a protecção ser realizada eficazmente diferem de uma para a outra.

A protecção da linha A é uma protecção que dá garantias e que não depende do bom funcionamento de outros sistemas da linha para o desempenho desejado. Tal como já se pode constatar anteriormente a protecção dos perfis realiza-se conforme a Figura 22. Para cada tipo de perfil existe uma máscara própria. Esta segue sempre com o perfil até à etapa final, a secagem.

A protecção da linha B é uma protecção dependente de um bom guiamento. Como os espaços do perfil aproveitados para fazer a protecção tem dimensões muito pequenas, principalmente onde entra o vedante, tem que ser garantido o bom guiamento senão corre-se o risco de encravar. Na Figura 25 pode ser observada a protecção nesta linha.

Um dos problemas com as protecções é a acumulação de tinta e a possibilidade de sujar ou contaminar superfícies do perfil que não são para pintar. Tanto numa linha como noutra isso não acontece porque a tinta vai escorrer pela força da gravidade, nunca no sentido do perfil. Na empresa Belga verificou-se que eles usam o teflon em forma de fita adesiva ou em bruto para proteger algo que não seja desejável pintar. A tinta mesmo depois de secar ela descola-se muito facilmente dele. O sistema de protecção também tem de ter em conta não só o perfil mas também tudo que está à sua volta não ficar pintado, principalmente o sistema de transporte.

Os excessos de tinta que escorrem pelas protecções metálicas são encaminhados para um recipiente para serem deitadas ao lixo.

Sistema de Pintura

O sistema de pintura da linha A e na B são sistemas iguais. As pistolas são fixas na linha de pintura através de uma estrutura. Esta estrutura permite que as pistolas girem e que se aproximem ou afastem do perfil. Assim é possível a regulação manual antes de se começar a pintar. Segundo os belgas, a posição das pistolas nas suas linhas de pintura estão a 45° com a vertical e a cerca de 12 a 15 cm do perfil como se observa na Figura 27.

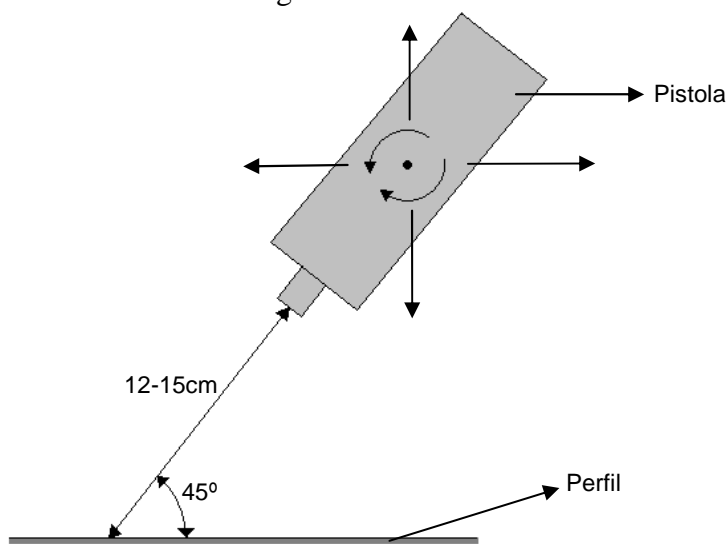


Figura 27 – Graus de liberdade das pistolas nas linhas A e B.

As pistolas de pintura são a parte final de um sistema de pintura. Por detrás da estrutura que suporta as pistolas fixas está um conjunto de reservatórios, de automatismos e de acessórios que garantem a qualidade da pintura na preparação das tintas, na limpeza dos canais e no fornecimento de ar comprimido.

Sistema de Exaustão/Aquecimento

O sistema de exaustão/aquecimento é de extrema importância devido à circulação do ar que vai influenciar o sentido das partículas de tinta assim como a temperatura que tem um grande impacto nas propriedades da tinta. É importante garantir que não se formem turbilhões para a qualidade da pintura ser boa.

Este sistema é idêntico nas duas linhas. Na linha A, os perfis são pintados à temperatura ambiente de 20°C sendo que para este caso só é realizada a exaustão. Na linha B, a temperatura de pintura é de 35°C com o ar a ser aquecido por um queimador de gás. Na Figura 28 está indicado o esquema da exaustão/aquecimento mais os parâmetros de pintura adoptados na Bélgica. Excepto a temperatura, os parâmetros são os mesmos para as duas linhas.

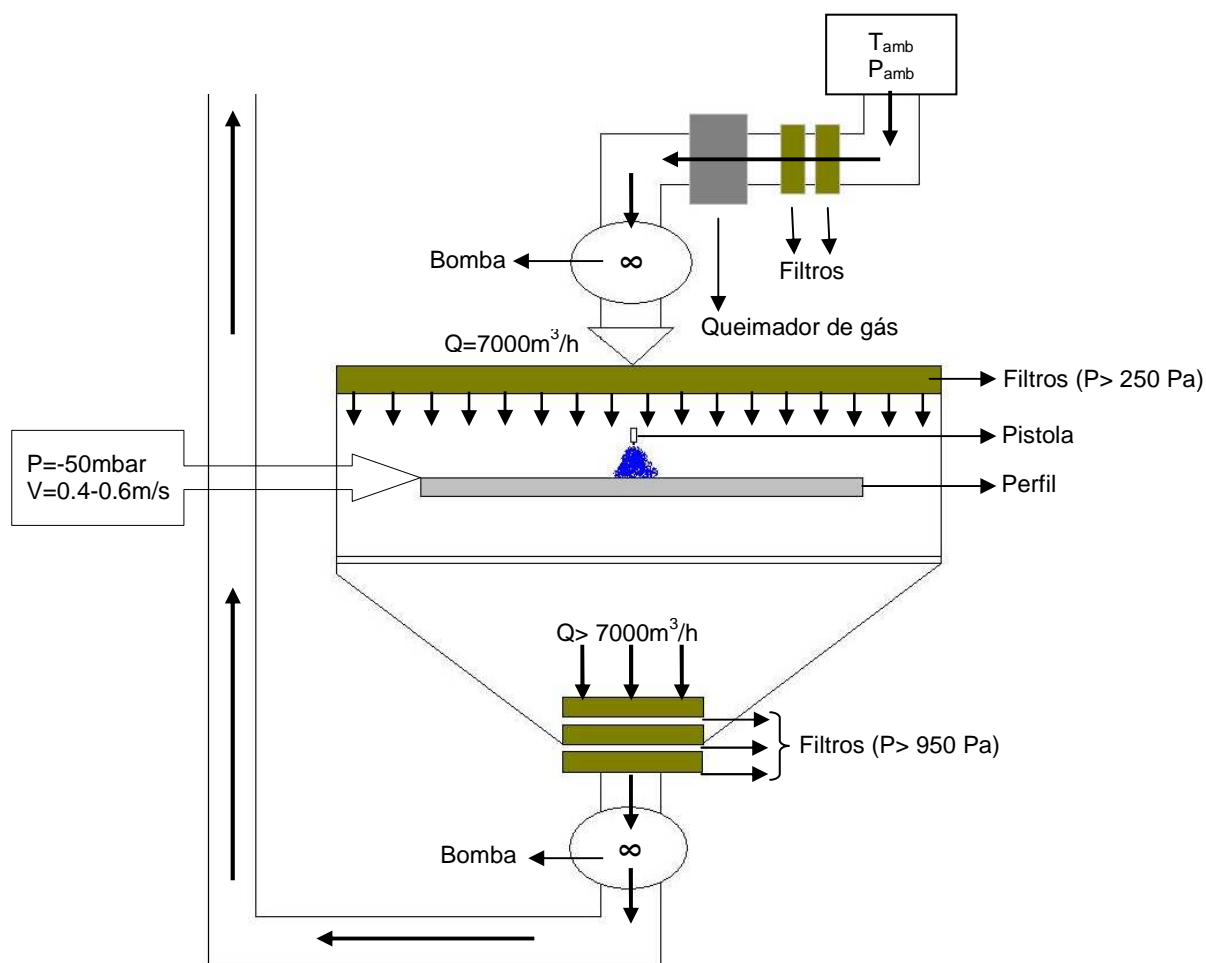


Figura 28 – Esquema do sistema de exaustão/pintura.

Através da Equação 1 pode-se calcular os valores dos parâmetros considerados na Figura 28.

$$Q = V \cdot A_E$$

Equação 1 – Relação entre o caudal (Q), a velocidade (V) e a área da estufa (A_E)

3.2.3 Secagem e Qualidade da Pintura

A temperatura de secagem a que submetem os seus perfis é de 50°C. Depois de os perfis passarem pelo “flash-off” vão permanecer 2 horas no secador. No caso de a pintura ser realizada com cores metalizadas os perfis ficam 4 horas. De referir que os belgas usam a tinta da Deceuninck.

Segundo foi apurado, a espessura da tinta que eles garantem é de 30µm seca, com uma tolerância de ±5µm, enquanto a empresa garante 40µm seca com a mesma tolerância.

O maior volume de negócios deles é a venda de perfis em PVC sendo a pintura uma menor preocupação. Eles conseguem pintar mas de uma forma não tão minuciosa do que a empresa para qual este projecto é desenvolvido. Esta tem preocupações em garantir certas especificações enquanto os belgas não as garantem da mesma forma. A realidade das duas empresas é diferente, os seus mercados são diferentes, logo as suas necessidades também o são e como tal, necessitam de uma cadência de produção muito grande.

3.2.4 Conclusões da Viagem

Através da viagem à Bélgica foi possível estabelecer algumas comparações dos processos (da fase2 - do acabamento – e das linhas de pintura) das duas empresas, assim como a qualidade da pintura e os requisitos de pintura (fronteiras faciais).

Em relação às etapas do processo (no uso das tintas Deceuninck) verificou-se que são as mesmas, mas em vez de aplicarem o primer fazem o despolimento, aplicam o ar ionizado e desengorduram. Tal como foi descrito anteriormente (na caracterização do processo actual), a empresa aplica o primer porque não está preparada para seguir os procedimentos da empresa belga, tendo contudo o mesmo efeito.

De referir que a tinta da Deceuninck não necessita do primer (como aplica a empresa nacional) no caso do perfil em PVC ser pintado imediatamente após um despolimento, aplicação do ar ionizado e desengorduramento (como procede a empresa belga). Neste caso, a pintura teria que ser aplicada logo em seguida para não dar tempo ao perfil em ficar carregado com carga electrostática. Na empresa nacional isto não é realizado devido à quebra de produtividade porque, para além de despolir, seria sempre necessário aplicar o ar ionizado e desengordurar, pelo risco que se corria por se tratar de um processo manual (mais moroso e falível na duração) e também por não possuir o aparelho de aplicação de ar ionizado. Por estas razões, a empresa aplica o primer na estufa em vez destes procedimentos.

A pintura do perfil carregado com carga electrostática e sem o primer iria provocar uma fraca qualidade da pintura por haver fraca distribuição da tinta (chamado efeito bolha – devido à electricidade estática, a tinta tende a ficar em forma de bolha).

O despolir é diferente de lixar. O despolimento vai tirar efeito mate do perfil para proporcionar uma melhor adesão da tinta ao PVC. O lixar é para eliminar as imperfeições do perfil e é realizado na fase 1.

Estas são duas formas de promover aderência entre ao PVC e a tinta. A empresa belga opta por promover a aderência através de uma acção mecânica que é o despolimento enquanto a empresa nacional opta por uma reacção química que o primer vai provocar no PVC. Esta reacção vai amolecer o PVC provocando a abertura dos poros deste.

Na Bélgica verificou-se que eles usam duas máquinas para situações distintas:

- A máquina A (a mais antiga) é usada para pintar com cores metalizadas onde é necessário passar mais que uma demão. O verniz também é necessário e é aplicado da mesma forma que a tinta;
- A máquina B (a mais recente) apenas é usada para as cores lisas onde uma demão basta. Nesta o verniz não é aplicado então a velocidade da linha é quase o dobro.

A qualidade da pintura é onde existem grandes diferenças. Os belgas garantem uma espessura de tinta a seco de $30\mu\text{m}$ ($\pm 5\mu\text{m}$) enquanto a empresa garante $40\mu\text{m}$ ($\pm 5\mu\text{m}$). Sendo o número demãos as mesmas, ou a empresa está a aplicar tinta a mais ou os belgas tinta a menos. A espessura da tinta depende da taxa de deposição das pistolas, ou seja, da quantidade de tinta em função do tempo. Também de referir que o facto de ter uma maior espessura não significa ter melhor qualidade. A espessura é importante na resistência aos arranhões mas por outro lado terá dificuldade em permanecer “agarrada” ao perfil. A única forma de testar a qualidade da pintura é recorrer a uma validação experimental, fazer uns ensaios não só tendo em conta a espessura da tinta seca como também tentar otimizar o processo. O facto de os fabricantes terem o manual de procedimentos para darem a garantia, isso não implica que não se possa fazer umas experiências. Os fabricantes têm interesse em vender o seu produto.

Em relação aos requisitos de pintura, os belgas não vão ao pormenor da empresa no que respeita às fronteiras faciais ou à superfície a pintar de cada face. Através da análise de alguns perfis, verificou-se que eles não levam tanto ao pormenor como a empresa.

Com certeza que os belgas ajustam a sua produção mediante as suas necessidades e os seus estudos de mercado. Portanto não se pode usar o exemplo deles e aplicar directamente na empresa. Os belgas têm como objectivo mercados diferentes, logo a aplicação do mesmo princípio não seria uma boa opção. Contudo pode-se retirar ilações que possam interessar à empresa. Os belgas produzem grandes séries para exportar para todo o mundo.

3.3 Quality Function Deployment - QFD

O QFD é um método para transformar as necessidades do cliente em informação de engenharia relativamente a um produto ou serviço. É uma técnica constituída por várias etapas com suporte em matrizes e/ou gráficos. Os seguintes subcapítulos constituem as suas etapas.

3.3.1 Identificar as Necessidades da Empresa

A correcta identificação das necessidades da empresa (o cliente é a empresa) é um factor determinante no sucesso do produto. Para isso é necessário assegurar que o produto é projectado para atender às necessidades da empresa, identificar necessidades latentes bem como as necessidades explícitas, fornecer factos base que justifiquem as especificações de produto, criar um arquivo das necessidades durante o processo de desenvolvimento, assegurar que nenhuma necessidade crítica é descurada e desenvolver uma compreensão comum das necessidades do consumidor entre os membros da equipa de desenvolvimento.

Existem vários métodos para identificar estas necessidades mas para este projecto foram adoptadas as seguintes:

- Reuniões com a empresa
- Observação de produtos já existentes

As necessidades do cliente são aqui compiladas e analisadas de forma a interpretar da melhor maneira o desejo deste. Nesta etapa é importante reunir uma série de informação no sentido de se identificar muito bem o que o cliente deseja, quais as suas necessidades caso contrário, numa fase posterior, poderiam trazer alguns inconvenientes que levariam ao atraso do projecto.

Através de reuniões e de visitas realizadas à empresa, esta tem a necessidade de alterar o processo produtivo das janelas, mais concretamente na lacagem e nesta, mais especificamente a pintura dos perfis em PVC. A empresa deseja a automatização do seu processo de pintura e assim eliminar todo o processo manual que a esta diz respeito. Para isto ele deu o exemplo de uma linha de pintura com o mesmo princípio do da Bélgica (como foi analisado no Benchmarking) para servir como ponto de partida deste trabalho. Este acha que se trata de uma boa solução para produção em grandes séries.

A ideia da empresa do que a máquina tem de fazer, e não como fazer, segue um princípio já pré-idealizado por este e que foi transmitido através de reuniões realizadas:

1. Alimentação da máquina realizada manualmente, de alguma forma, por um ou, no máximo, dois trabalhadores;
2. Os perfis sigam com velocidade contínua ao longo da linha de pintura, uns encostados aos outros;
3. As faces dos perfis são protegidas de alguma forma a dar a possibilidade de se pintar o pior dos casos que é pintar as 3 faces (exterior, interior e alma) com cores diferentes;
4. A pintura dos perfis dá-se através de pistolas fixas e automáticas, posicionadas de forma a garantir a pintura de toda a superfície com a qualidade desejada;
5. No final da linha os perfis possam ser recolhidos, de alguma forma, por duas pessoas e que os transportem para o secador para a cura de tinta.

3.3.2 Organização Temática das Necessidades e Devida Avaliação de Importância

Identificadas as necessidades da empresa, é necessário que seja realizada uma avaliação para apurar aquelas que representam maior importância para esta. Podem ser, até mesmo, reconhecidas as necessidades críticas, ou seja, as que distinguem o produto. Produtos que não respondam às necessidades críticas estão à partida com expectativas de mercado ao mesmo nível ou até inferior às de produtos semelhantes.

As necessidades da empresa recolhidas, organizadas e também definidas por grau de importância com o cliente observam-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Necessidades do cliente por grau de importância, 1 - menos importante a 5 – mais importante.

Nº Necessidade	Necessidade	Importância
1	Pintar o maior número de combinações de cores e faces no menor número de ciclos	4
2	Proteger eficazmente as faces	5
3	Não permitir a deformação plástica do perfil devido à flecha causada pelo seu próprio peso	5
4	Não permitir que a temperatura máxima na linha cause ignição das tintas	5
5	Transportar e proteger o perfil sem danificar a pintura	5
6	Adaptar-se à área de trabalho disponível	5
7	Considerar apenas os perfis prioritários em termos de vendas	5
8	Pintar com qualidade	5
9	Fácil limpeza da máquina	4
10	Reduzir o número de pessoas	5
11	Aumentar a cadência de produção	5
12	Pintar a alma	5
13	Perfis encostados uns aos outros na linha de pintura	4
14	Pintar com pistolas fixas	4
15	Cumprir o processo de lacagem determinado	5
16	Cumprir as fronteiras faciais na pintura	5

Às necessidades do cliente acrescenta-se algumas considerações:

- O modo como o perfil em PVC de 6 metros vai ser transportado é muito importante de modo a não causar a deformação plástica causada pelo próprio peso e assim evitar que as janelas no final estejam com defeito;
- A protecção das faces e o transporte do perfil será realizado de modo a não danificar a pintura;
- O apoio do perfil será efectuado de modo a que este esteja estável e possa ser pintado numa única passagem, ou seja, num único ciclo (desde a preparação até à cura da tinta) e que, juntamente com um determinado posicionamento das pistolas, possa ser pintado até nos cantos de mais difícil acesso da forma com se visualiza na

Figura 29. Note-se que o perfil P3081 é o único que pode ser pintado em todas as faces, logo para este caso, o perfil só pode ser pintado em um ciclo se estiver suspenso. Ainda de referir que existe uma face comum a todos os perfis em forma e dimensões. Esta face é a verde da Figura 29. Este factor pode ser aproveitado no sentido de uniformizar um apoio que se aplique à maior parte deles;

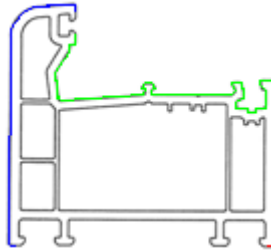


Figura 29 – Perfil P3001.

- As protecções deverão garantir o isolamento das faces a não pintar como também não podem acumular tinta residual;
- A pintura deverá ter os níveis de qualidade de pintura actuais, assim como seguir os procedimentos de preparação actuais;
- Devido ao comprimento dos perfis, é de evitar as curvas na linha de pintura mas, em contrapartida, estas não podem ser muito compridas porque existem áreas definidas e pode não caber. Na Figura 30 indica a área disponível para a lacagem;
- Independentemente da combinação das faces a pintar, a linha de pintura deverá tentar pintar os perfis num só ciclo. Um ciclo completo inicia-se na preparação do perfil e termina na secagem;

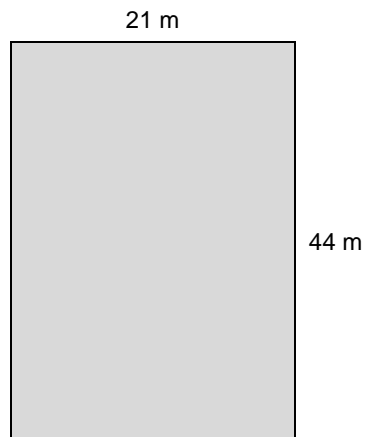


Figura 30 – Área reservada à lacagem.

- A máquina deve ter boas acessibilidades para fácil limpeza, a fim de diminuir ao máximo o tempo dispendido nesta tarefa.

3.3.3 Definição das Métricas

A razão de se estabelecer um conjunto de métricas que demonstram de maneira exequível como o produto poderá resolver tais necessidades é para ajudar a perceber as necessidades do consumidor de forma a ser possível desenhar e projectar o produto, caso contrário essa informação seria demasiado subjectiva. As métricas são deduzidas partindo das necessidades da empresa e não é necessariamente a única solução para a mesma necessidade como se pode observar na métrica número 7 da Tabela 8.

Numa solução ideal existe pelo menos uma métrica para cada necessidade, podendo ocorrer que uma métrica responda a mais que uma necessidade.

No caso de mais que uma necessidade para uma métrica, o valor desta (métrica) é a média ponderada da importância atribuída às necessidades apuradas na (Tabela 7).

Na Tabela 8 e Tabela 9 são apresentadas as métricas e correspondentes unidades interpretadas a partir das necessidades apuradas anteriormente. A representação matricial da Tabela 9 ajuda na percepção visual facilitada da afectação entre um número elevado de métricas e necessidades.

Tabela 8 – Estabelecimento de métricas: 1– menos importante, 5 - mais importante.

Nº Métrica	Nº Necessidade	Necessidade	Importância	Unidade
1	1, 2, 5, 8, 16	Número de ciclos de pintura	5	Quantidade
2	3	Tensão de limite elástico do PVC	5	MPa
3	4	Temperatura de ignição das tintas	5	°C
4	6	Área disponível	5	m ²
5	8, 11, 12, 14	Espessura da tinta seca	5	µm
6	10	Número de pessoas	4	Quantidade
7	1,11,13	Número de perfis pintados por mês	4	Quantidade
8	7	Número de perfis considerados	5	Quantidade
9	11	Velocidade de avanço da linha	5	m/s
10	3	Massa dos perfis	5	Kg
11	4, 8,11, 15	Temperatura de pintura	5	°C
12	8, 12, 15	Velocidade do ar à superfície do perfil na estufa	5	m/s
13	8, 12,15	Vácuo na estufa	5	mbar
14	12, 14	Pintura automática com pistolas fixas	5	Quantidade
15	11, 13	Repetibilidade	5	Perfis/h
16	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação do primer e a 1ª demão de pintura em função da temperatura	5	s
17	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação da 1ª demão da pintura e a 2ª demão de pintura em função da temperatura	5	s
18	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação da 2ª demão da pintura e a 1ª demão de verniz em função da temperatura	5	s
19	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação da 1ª demão de verniz e a 2ª demão de verniz em função da temperatura	5	s

Tabela 9 – Representação matricial.

	Métrica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
		Número de ciclos de pintura	Tensão de limite elástico do PVC	Temperatura de ignição das tintas	Área disponível	Espessura da tinta seca	Número de pessoas	Número de perfis pintados por mês	Número de perfis considerados	Velocidade de avanço da linha	Massa dos perfis	Temperatura de pintura	Velocidade do ar à superfície do perfil na estufa	Vácuo na estufa	Pintura automática com pistolas fixas	Repetibilidade	Tempo entre a aplicação do primer e a 1ª mão de pintura em função da temperatura	Tempo entre a aplicação da 1ª mão da pintura e a 2ª mão de pintura em função da temperatura	Tempo entre a aplicação da 2ª mão da pintura e a 1ª mão de verniz em função da temperatura	Tempo entre a aplicação da 1ª mão de verniz e a 2ª mão de verniz em função da temperatura
Necessidade																				
Pintar o maior número de combinações de cores e faces no menor número de ciclos	1	•						•												
Proteger eficazmente as faces	2	•																		
Não permitir a deformação plástica do perfil devido à flecha causada pelo seu próprio peso	3		•								•									
Não permitir que a temperatura máxima na linha cause ignição das tintas	4			•								•								
Transportar e proteger o perfil sem danificar a pintura	5	•																		
Adaptar-se à área de trabalho disponível	6				•															
Considerar apenas os perfis prioritários em termos de vendas	7								•											
Pintar com qualidade	8	•				•						•	•	•			•	•	•	•
Fácil limpeza da máquina	9																			
Reduzir o número de pessoas	10						•													
Aumentar a cadência de produção	11					•		•		•		•				•	•	•	•	•
Pintar a alma	12					•						•	•	•	•					
Perfis encostados uns aos outros na linha de pintura	13							•								•				
Pintar com pistolas fixas	14					•					•				•					
Cumprir o processo de lacagem determinado	15										•	•	•	•			•	•	•	•
Cumprir as fronteiras faciais na pintura	16	•																		

Na Tabela 9 observa-se que em alguns casos existe mais que uma métrica afectada à mesma necessidade. É normal que estas situações ocorram por serem necessidades de carácter repetitivo ou métricas pouco objectivas. É natural que este tipo de situações ocorra.

3.3.4 Especificações Alvo

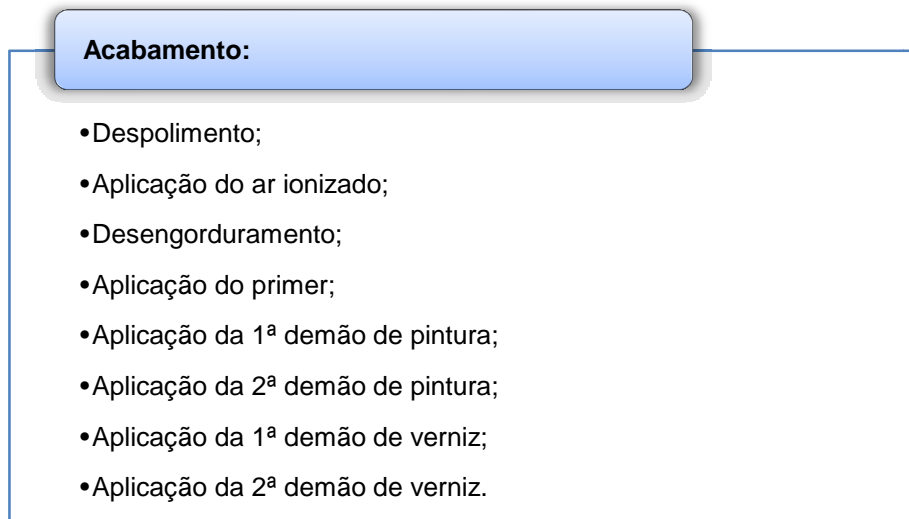
As especificações alvo devem ficar definidas resultando do benchmarking e das necessidades do cliente anteriormente analisadas. Na Tabela 10 estão discriminados os valores marginais e ideais estabelecidos com a empresa, contudo, nesta fase do desenvolvimento ainda não é possível definir alguns valores ficando para uma fase mais avançada do projecto essa definição.

Tabela 10 – Especificações alvo.

Nº Métrica	Nº Necessidade	Necessidade	Unidade	Importância	Valores marginais	Valor ideal
1	1, 2, 5, 8, 16	Número de ciclos de pintura	Quantidade	5	1 - 3	1
2	3	Tensão de limite elástico do PVC	MPa	5	-	50
3	4	Temperatura de ignição das tintas	°C	5	25 - 40	25
4	6	Área disponível	m ²	5	-	924 (44m de comprimento)
5	8, 11, 12, 14	Espessura da tinta seca	µm	4	35 - 45	40
6	10	Número de pessoas	Quantidade	4	2 - 4	3
7	1,11,13	Número de perfis pintados por mês	Quantidade	5	-	Definir numa fase posterior
8	7	Número de perfis considerados	Quantidade	5	-	6
9	11	Velocidade de avanço da linha	m/s	5	-	Definir numa fase posterior
10	3	Massa dos perfis	Kg	5	7-12	12
11	4, 8,11, 15	Temperatura de pintura	°C	5	30 - 35	Definir numa fase posterior
12	8, 12, 15	Velocidade do ar à superfície do perfil na estufa	m/s	5	0.4 - 0.6	0.5
13	8, 12,15	Vácuo na estufa	mbar	5	-55 - -45	-50
14	12, 14	Pintura automática com pistolas fixas	Quantidade	5	2 - 8 Pistolas	Definir numa fase posterior
15	11, 13	Repetibilidade	Perfis/h	5	-	Definir numa fase posterior
16	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação do primer e a 1ª demão de pintura a 20°C	s	5	-	10
17	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação da 1ª demão da pintura e a 2ª demão de pintura a 20°C	s	5	-	120
18	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação da 2ª demão da pintura e a 1ª demão de verniz a 20°C	s	5	-	180
19	8, 11, 15	Tempo entre a aplicação da 1ª demão de verniz e a 2ª demão de verniz a 20°C	s	5	-	180

3.3.5 Definição das Etapas do Processo para a Linha de Pintura

Juntamente com a empresa, definiram-se as etapas do processo do acabamento dos perfis que a linha automatizada terá que realizar com as duas tintas usadas actualmente, respeitando as especificações alvo através das seguintes etapas:



Em relação a cada uma das etapas ficou definido o seguinte:

- O despolimento vai ser realizado através de um rolo com uma velocidade linear contrária à do perfil (ver Figura 24);
- A aplicação do ar ionizado vai ser realizada através de um aparelho comprado no mercado;
- O desengorduramento vai ser realizado através de um braço, com o um material “tipo esponja” na ponta, que permita adaptar-se às formas mais complexas do perfil. No momento da aplicação, o braço irá estar sujeito à flexão exercendo determinada pressão sobre o perfil. O material “tipo esponja” irá ser alimentado de primer tipo conta-gotas;
- A aplicação do primer será realizada por vaporização tal qual a pintura.

3.4 Geração de Conceitos

Nesta secção pretende-se uma descrição aproximada da tecnologia, princípios de funcionamento e forma do produto. É uma descrição de como o produto satisfará as necessidades do consumidor. Um conceito é normalmente apresentado sob a forma de um sketch ou uma representação tridimensional grosseira, sendo normalmente acompanhado por uma descrição textual resumida. Neste trabalho os conceitos foram desenvolvidos a partir das ferramentas CAD como o Catia V5TM e o SolidWorksTM.

A geração de conceitos é uma das mais económicas do processo de desenvolvimento e também umas das mais breves. Esta inicia-se a partir das necessidades da empresa e das especificações alvo (já definidas anteriormente) e resulta numa série de conceitos de entre os quais será feita uma selecção final.

Quando a geração de conceitos é realizado em grandes empresas resultam centenas de conceitos distintos e entre o quais são seleccionados 5 a 20. Se o trabalho for bem realizado, haverá menores probabilidades de a equipa se deparar com conceitos melhores numa fase mais adiantada do desenvolvimento.

Normalmente, no desenvolvimento de conceitos deve-se:

- Analisar e integrar com sucesso potenciais soluções parciais;
- Procurar sempre envolver toda a equipa no processo;
- Analisar cuidadosamente os conceitos adoptados por outras empresas;
- Não considerar apenas uma ou duas alternativas propostas, normalmente, por membros mais experientes da equipa.

Com base no benchmarking e no QFD realizado anteriormente, é agora possível começar a gerar conceitos da forma exterior da linha de pintura e assim se realizar alguns *brainstorming* entre a equipa de desenvolvimento e a empresa.

Antes de se passar à análise de cada conceito considera-se as seguintes notas:

- O sistema de pintura é comprado no mercado e adaptado à linha de pintura;
- O sistema de exaustão/aquecimento é comprado no mercado e adaptado à linha de pintura. Este pode ser localizado (apenas nas operações que requeiram temperatura) ou uma estufa com dimensões suficientes capaz de a linha ser colocada lá dentro;
- A empresa, desde o início do projecto, fez questão de salientar que gostaria que a linha fosse com pistolas automáticas fixas com o perfil a mover-se e que a linha fosse em linha recta;
- Ao longo do desenvolvimento, alguns conceitos foram-se apresentando com algumas limitações o que originou o desenvolvimento de outros;
- A linha de pintura terá que prever a pintura com ambas as tintas usadas actualmente;
- Pretende-se uma linha de pintura o mais flexível possível, ou seja, que não seja limitadora em termos de afinações dado às muitas condicionantes e até mesmo incógnitas, envolvidas neste tipo de processo.

Conceito 1:

O conceito 1 foi pensado para ser capaz de cumprir com os seguintes requisitos:

- O conceito realiza todas as tarefas de preparação do perfil: despolir, aplicação do ar ionizado, aplicação do desengordurante e aplicação do primer;
- O conceito aplica uma demão de tinta e uma de verniz. No caso da aplicação do verniz, implica nova entrada na linha de pintura. Neste caso, as pistolas em vez de pintarem, aplicam o verniz da mesma forma;
- Pinta todas as combinações de faces e cores num ciclo;
- O perfil avança com uma velocidade uniforme para ser aplicado o primer (estação 1) e pintado (restantes estações) através de duas pistolas fixas em cada estação;
- O desenho do conceito não inclui a aplicação do primer e nem do verniz. A linha de pintura teria que ser mais comprida e ter uma estrutura semelhante à da pintura, já que o primer e o verniz são vaporizados e o perfil tem que ser protegido tal qual na pintura. Este conceito não prevê isso porque no momento em que foi desenvolvido a empresa ainda não tinha definido a sequência de etapas do processo que pretendia na linha de pintura;
- A máquina é afinada manualmente antes de iniciar a pintura. A troca de perfil implica uma nova afinação.

Este conceito tem a forma geral da Figura 31.

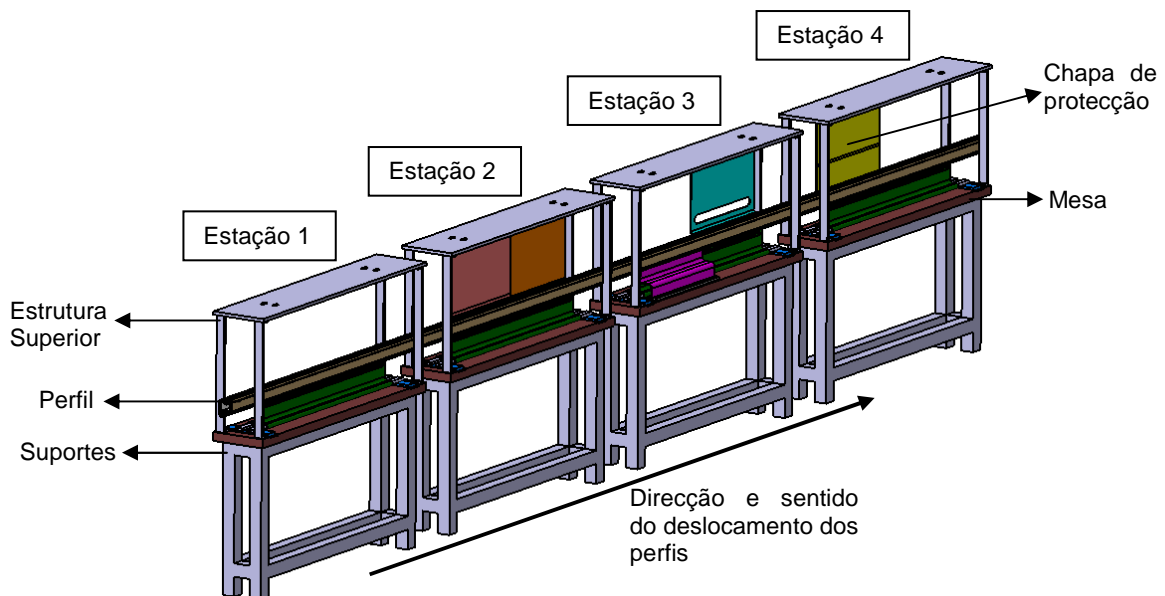


Figura 31 – Aspecto geral em perspectiva do conceito 1.

Através da Figura 31 observa-se que a linha de pintura pode ser dividida em 4 estações. Na estação 1 é realizado tudo o que diz respeito à preparação dos perfis. Nas seguintes estações é

onde se realiza a pintura (ou verniz na segunda passagem). Na mesma figura observam-se uns suportes onde os perfis deslizam e uma estrutura superior em cada estação que servem para encaixar e suportar umas chapas cujo objectivo é fazer a protecção das faces. Estas chapas estão seguidas e não lado a lado para permitir o correcto posicionamento das pistolas. O perfil é empurrado pelo topo por um braço até ao fim da linha.

Na Figura 32 pode-se observar em pormenor a estação 1.

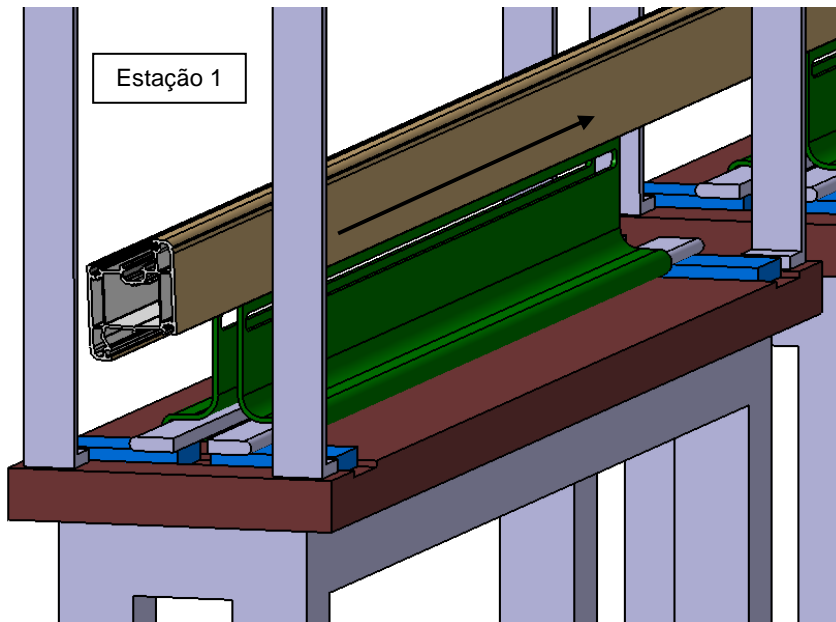


Figura 32 – Detalhe em perspectiva da estação 1.

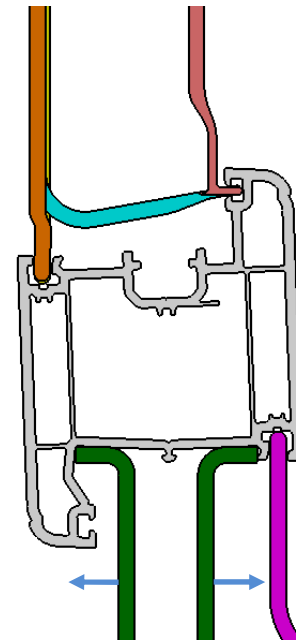


Figura 33 – Vista da secção do apoio e protecção das faces das estações seguintes.

Através da Figura 32 observa-se em pormenor como é efectuado o movimento e posicionamento do perfil. O perfil quando entra na linha já vai orientado minimamente para seguir em cima dos suportes. A dado momento e já depois de parte do perfil estar em cima do suporte, este afasta-se (através de cilindros pneumáticos) de modo a poder posicioná-lo e fixá-lo da melhor maneira (Figura 33), de forma a o perfil seguir guiado para as restantes estações.

Na Figura 33 observa-se que as chapas de protecção aproveitam os canais para fazerem a protecção. No canal do vedante (no canto superior direito), no canal do bite do lado do vidro e no canal do bite da alma. No entanto o canal do bite da alma tem de ser pintado. Apesar de depois de produzida a janela e com alguma tinta vaporizada que acaba sempre por entrar pela folga da chapa de protecção com o canal e assim pintar alguma superfície do canal, poderia ser que não se notasse a diferenças mas desta forma não dá garantias quanto à qualidade do produto final.

Na Figura 34 observa-se em pormenor a estação 2.

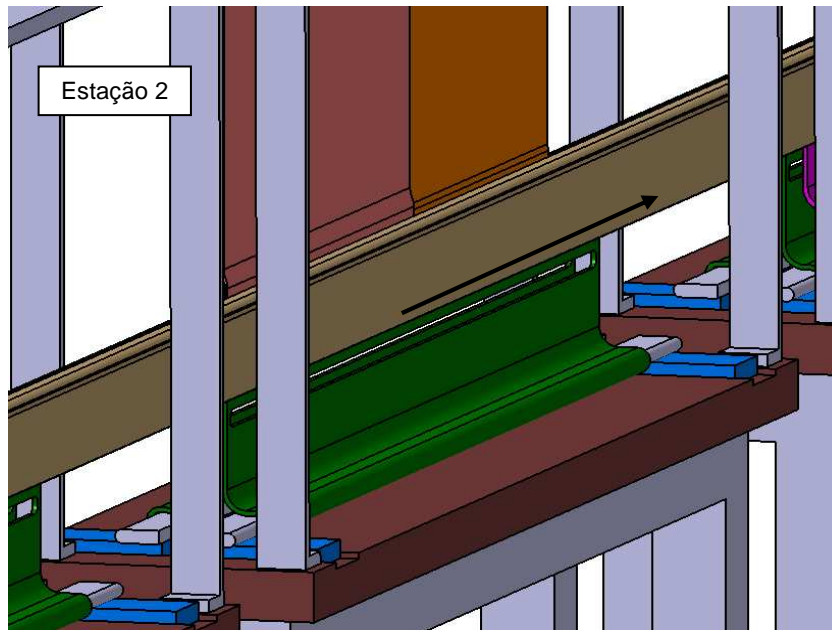


Figura 34 – Detalhe em perspectiva da estação 2.

Através da Figura 34 pode-se observar o perfil a passar por duas chapas. Estas estão fixas e o perfil ao passar, vai entrar nos canais deste (Figura 33). Nesta estação a alma é a que vai ser pintada. As pistolas estão fixas com determinado ângulo e distância do lado esquerdo da primeira chapa e na segunda estão do lado direito da mesma forma com outro ângulo e distância. A máquina tem de ser afinada previamente antes da pintura de um dado perfil.

Na Figura 35 observa-se em pormenor a estação 3.

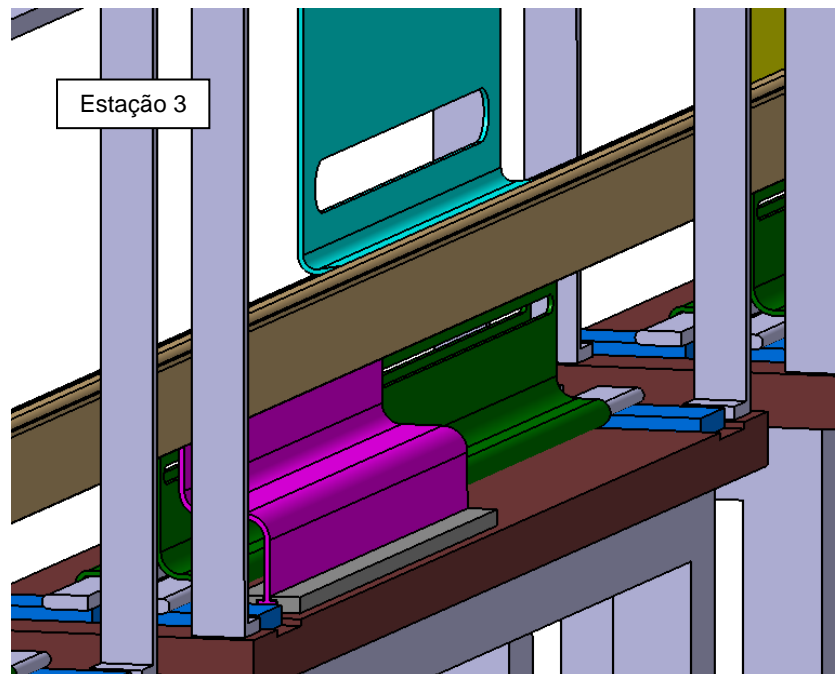


Figura 35 – Detalhe em perspectiva da estação 3.

Na Figura 35 observa-se a estação 3 que tem como objectivo a pintura da face lateral visualizada nesta figura. De referir que a protecção superior (a que entra no canal do vedante) tem aquela abertura para permitir que a pistola pinte metade da face lateral como foi visto anteriormente na caracterização dos perfis.

Na Figura 36 observa-se em pormenor a estação 4.

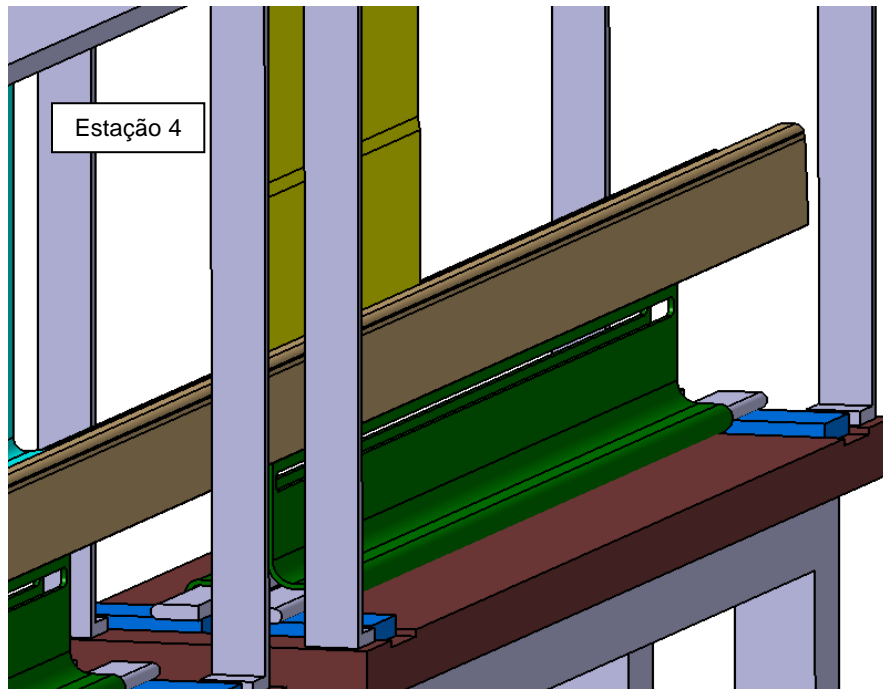


Figura 36 – Detalhe em perspectiva da estação 4.

Na Figura 36 observa-se a estação 4 que tem como objecto a pintura da outra face lateral. Aqui é necessário apenas uma chapa de protecção (em amarelo) que vai encaixar no canal do bite da alma. De referir que os suportes possuem aquele rasgo com o intuito de a pistola poder pintar a face lateral na zona onde encaixa o bite tal qual na estação anterior com o rasgo da protecção superior.

Conceito 2:

O conceito 2 foi pensado para ser capaz de cumprir com os seguintes requisitos:

- O conceito realiza todas as tarefas de preparação do perfil: despolir, aplicação do ar ionizado, aplicação do desengordurante e aplicação do primer;
- O conceito aplica uma demão de tinta e uma de verniz. No caso da aplicação do verniz, implica nova entrada na linha de pintura. Neste caso, as pistolas em vez de pintarem, aplicam o verniz da mesma forma;
- Pinta a face exterior e a interior até duas cores num ciclo (não pinta a alma);
- O perfil avança com uma velocidade uniforme para ser pintado através de duas pistolas fixas;

- O desenho do conceito não inclui a aplicação do primer e nem do verniz. A linha de pintura teria que ser mais comprida e ter uma estrutura semelhante à da pintura, já que o primer e o verniz são vaporizados e o perfil tem que ser protegido tal qual na pintura. Este conceito não prevê isso porque no momento em que foi desenvolvido a empresa ainda não tinha definido a sequência de etapas do processo que pretendia na linha de pintura;
- A máquina está sempre afinada para qualquer um dos perfis. Apenas tem que se realizar a troca das 3 protecções fixas à linha de pintura.

Este conceito tem a forma geral da Figura 37.

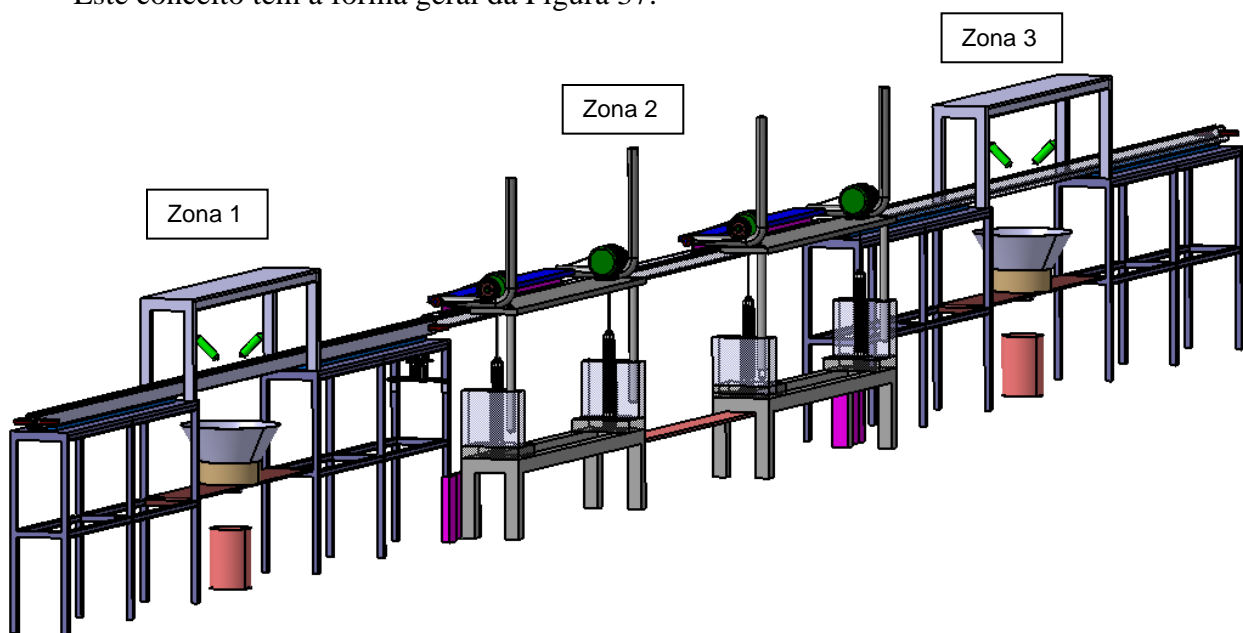


Figura 37 - Aspecto geral do conceito 2.

Através da Figura 37 observa-se que a linha de pintura tem 3 zonas distintas por onde o perfil passa. A zona 1 diz respeito a todos os procedimentos de uma face do perfil (face exterior ou a interior), a zona 2 é onde se faz a rotação do perfil e a zona 3 diz respeito a todos os procedimentos da outra face a pintar.

Na Figura 38 pode-se observar em pormenor a zona 1.

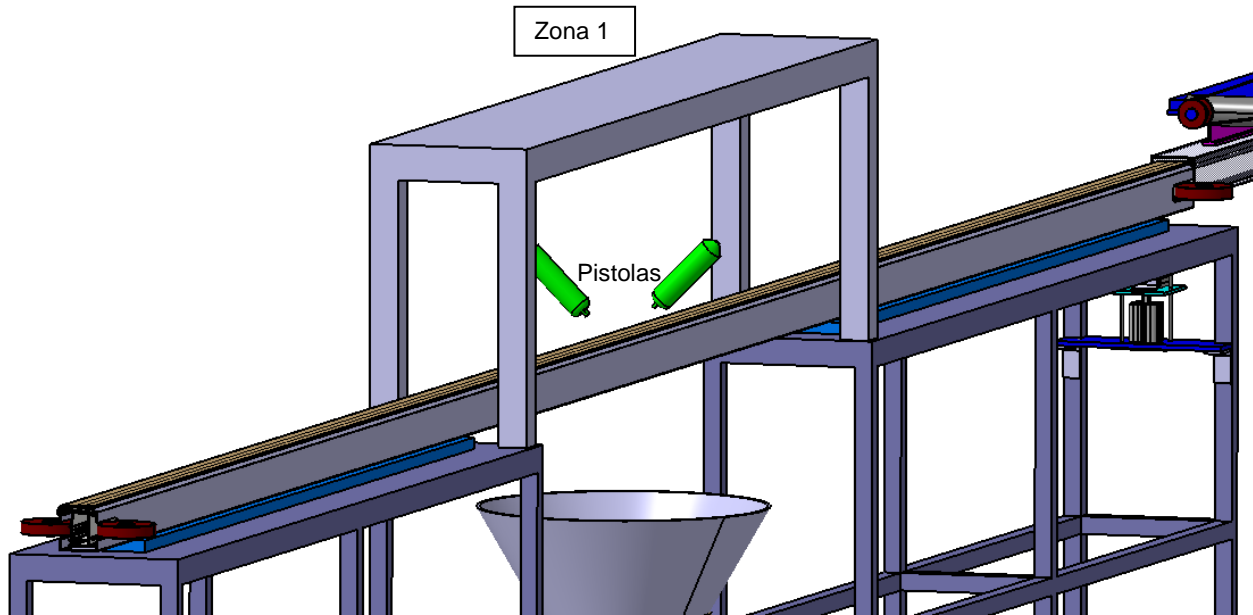


Figura 38 – Detalhe em perspectiva da zona 1.

O perfil ao entrar na linha de pintura, o movimento é garantido através de umas rodas motorizadas laterais. O perfil entra numa caixa de metal (ou protecção) que tem como objectivo garantir a protecção das faces (Figura 39). Esta caixa está fixa na linha de pintura assim como as restantes duas, uma na zona 2 e outra na zona 3. Cada perfil tem a sua caixa que é previamente fixa na linha de pintura antes de começar a funcionar. Cada perfil tem duas caixas diferentes, uma para a zona 1 e as outras duas iguais para a zona 2 e 3.

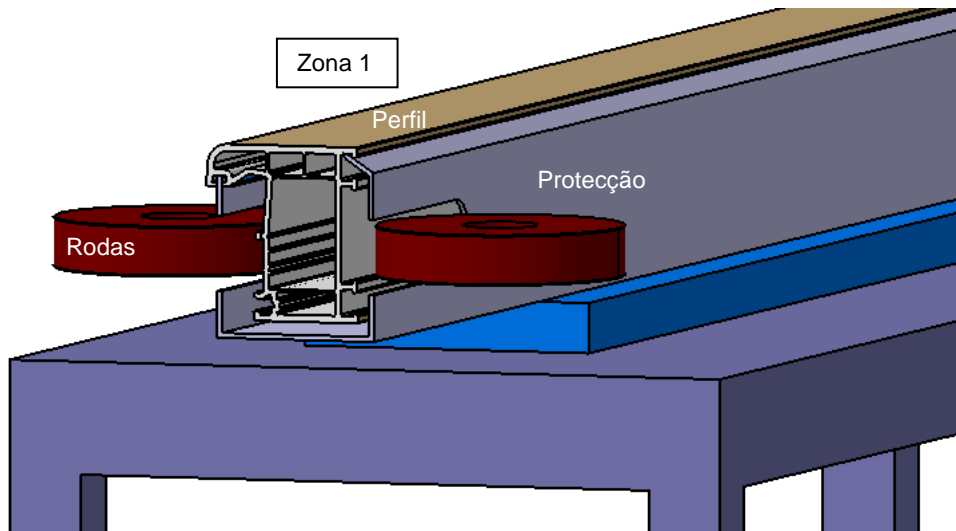


Figura 39 – Detalhe em perspectiva da protecção e movimento do perfil.

A passagem para a zona 2 realiza-se como indica a Figura 40.

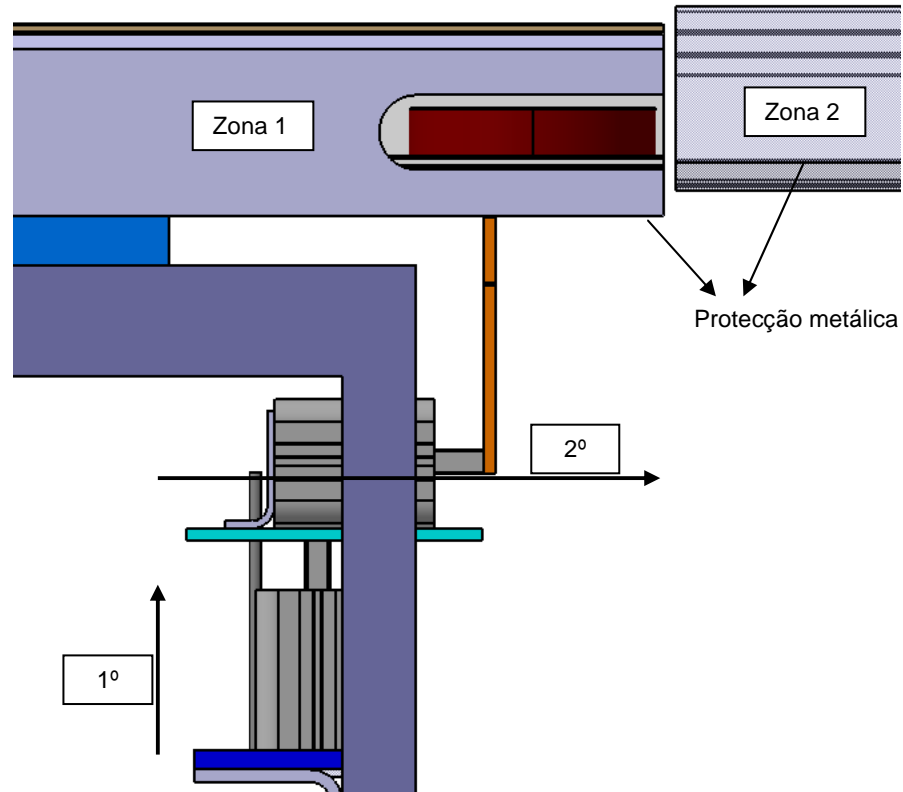


Figura 40 – Detalhe lateral da transição da zona 1 para a zona 2.

Através da Figura 40, observa-se que quando o perfil já está quase todo na zona 2 ele perde o contacto com as rodas laterais que lhe transmitem o movimento. Nesta ocasião, e de forma a garantir a correcta a passagem de uma zona para a outra, dois cilindros actuam sequencialmente com o objectivo de empurrar o perfil completamente para a zona 2. O primeiro movimento é na vertical e o segundo na horizontal. Este último, através de um braço metálico, empurra o perfil até fazer batente na protecção metálica da zona 2.

Na Figura 41 pode-se observar em pormenor a zona 2.

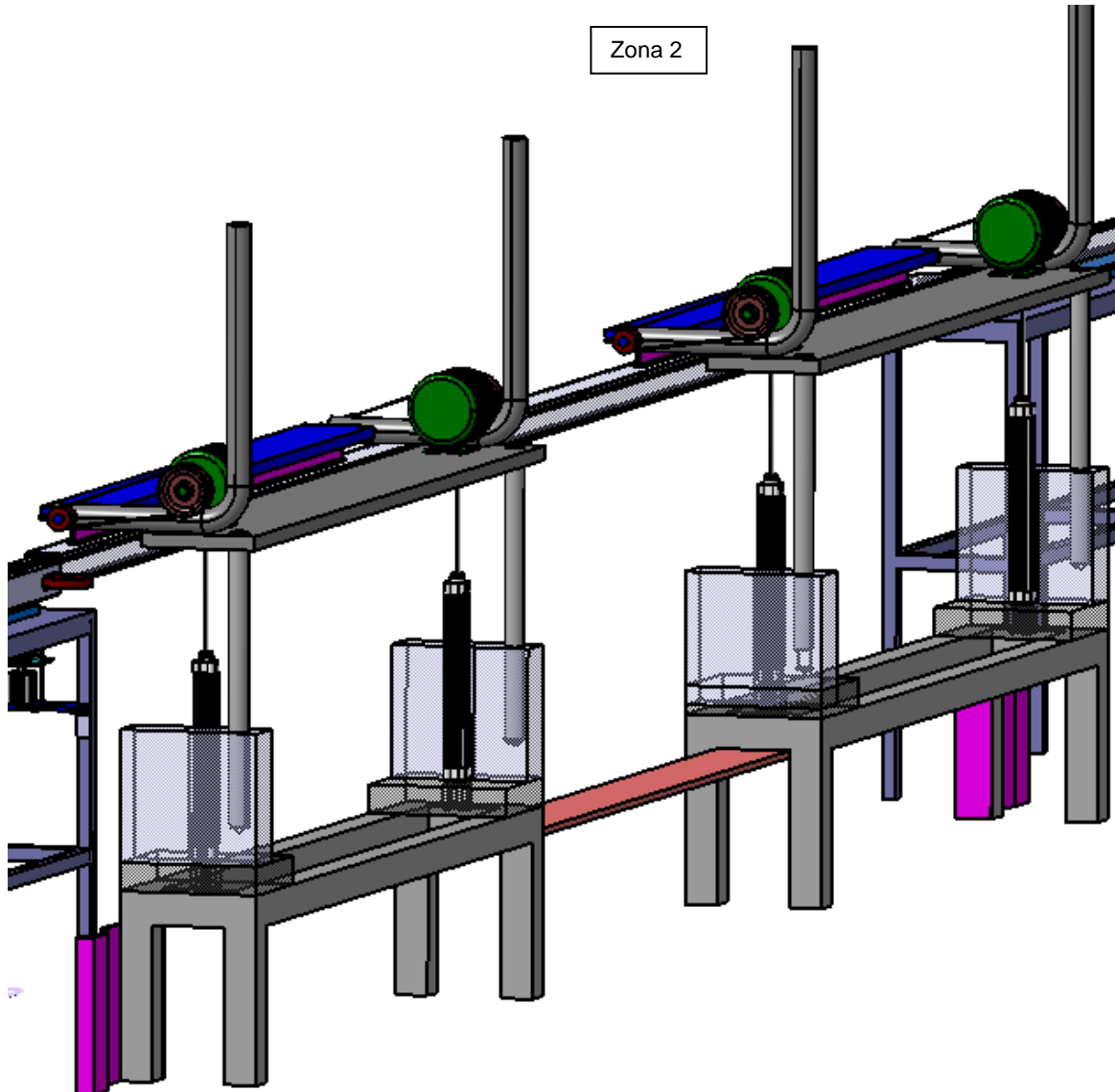


Figura 41 – Detalhe em perspectiva da zona 2.

Depois de completada a transição da zona 1 para a zona 2, o perfil fica parado para que um conjunto de 4 motores eléctricos e 4 cilindros pneumáticos ao longo da linha da zona 2 actuem no sentido de girar o perfil 180° e este fique alinhado com a fase 3. O perfil quando entra na zona 2 vai encaixar noutra chapa de protecção que está fixa à linha. Este conjunto vai rodar de forma que esta protecção fique alinhada com uma protecção igual na zona 3. O objectivo desta fase é apenas de rodar o perfil e permitir que a outra face, que na fase um está protegida, fique agora pronta para pintar (Figura 42).

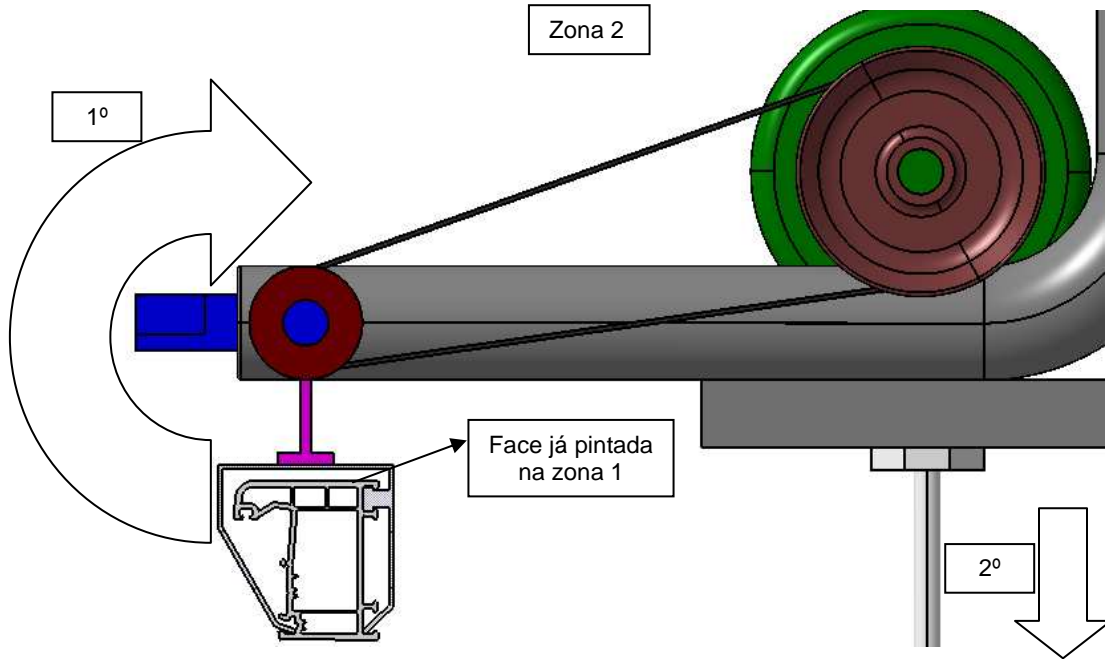


Figura 42 – Detalhe de frente do movimento na zona 2.

Depois de rodado e posicionado o conjunto perfil + protecção estão alinhados com uma protecção igual na zona 3.

O perfil começa de novo a movimentar-se à mesma velocidade da zona 1 através de umas rodas motorizadas que se encostam a ele através de uns cilindros pneumáticos. O esquema do movimento pode ser visto na Figura 43.

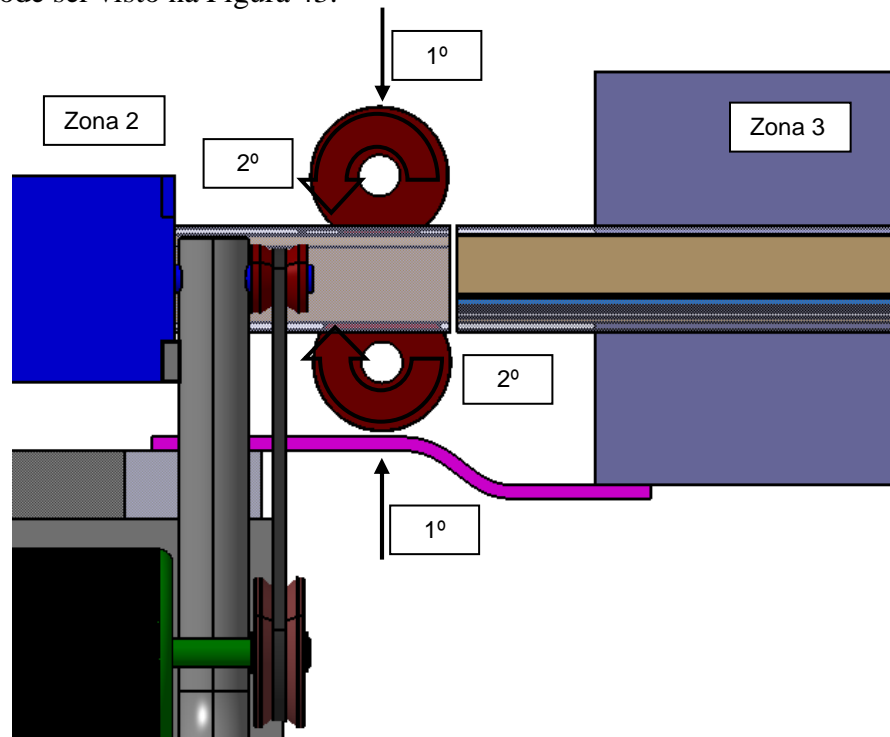


Figura 43 – Detalhe de cima da transição da zona 2 para a zona 3.

Na Figura 44 pode-se observar em pormenor a zona 3.

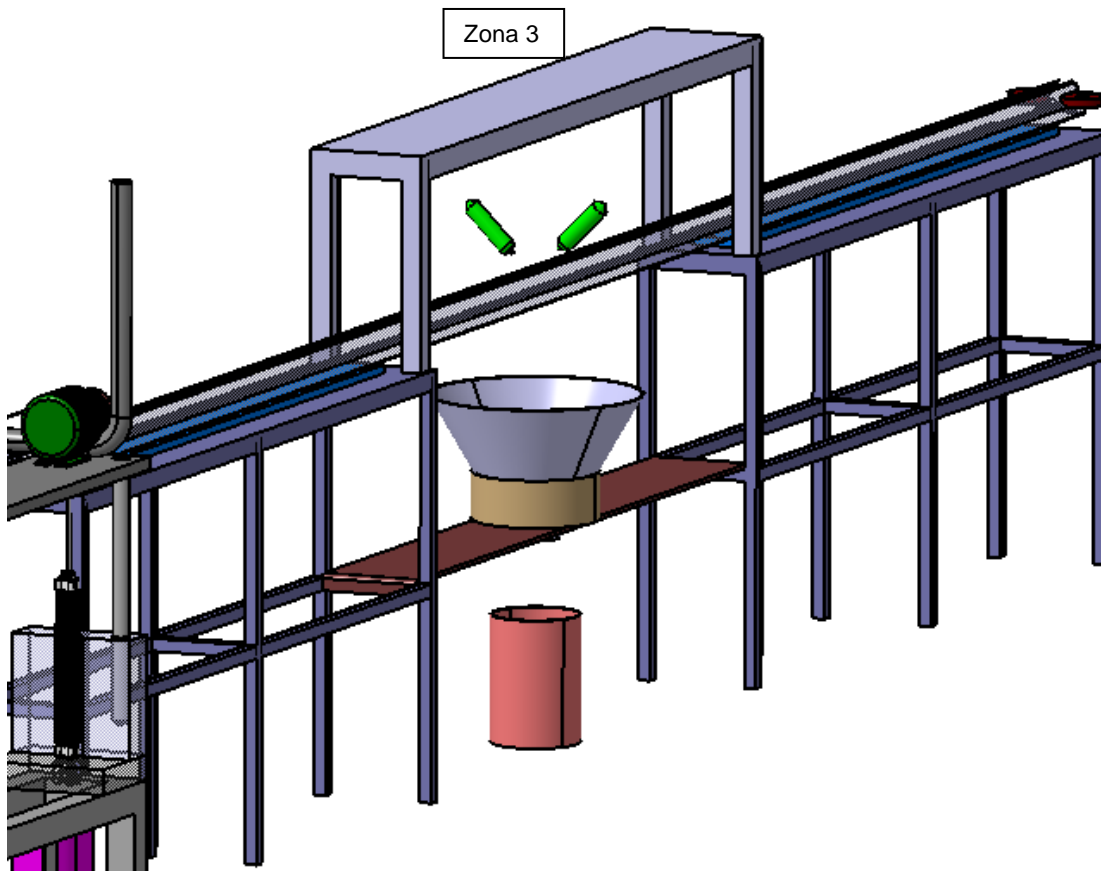


Figura 44 – Detalhe em perspectiva da zona 3.

Esta zona segue o mesmo princípio de funcionamento da zona 1. A diferença é que no final não tem o sistema de 2 cilindros anteriormente visto para a zona 1 que serve para posicionar (empurrando) o perfil na zona 2.

Conceito 3

O conceito 3 é um conceito muito diferente dos restantes e é um conceito que desde o início não foi do agrado da empresa. No entanto não se deixou de apresentar um conceito alternativo aos restantes.

O conceito 3 foi pensado para ser capaz de cumprir com os seguintes requisitos:

- Pinta todas as combinações de faces e cores num ciclo;
- Caso se pretenda cores diferentes em uma ou duas faces, as restantes são protegidas pela fita-cola antes de os perfis serem montados no suporte de pintura;
- Os perfis estão parados enquanto o robot se movimenta;
- Os perfis podem levar uma, duas ou mais mãos de pintura e de verniz;
- O robot aplica o primer, realiza a pintura e aplica o verniz tudo num ciclo;

- As preparações dos perfis são realizadas manualmente como se faz actualmente, excepto o ar ionizado;
- Pode pintar diferentes perfis no mesmo conjunto apoiados no suporte.

Este conceito tem a forma geral da Figura 45.

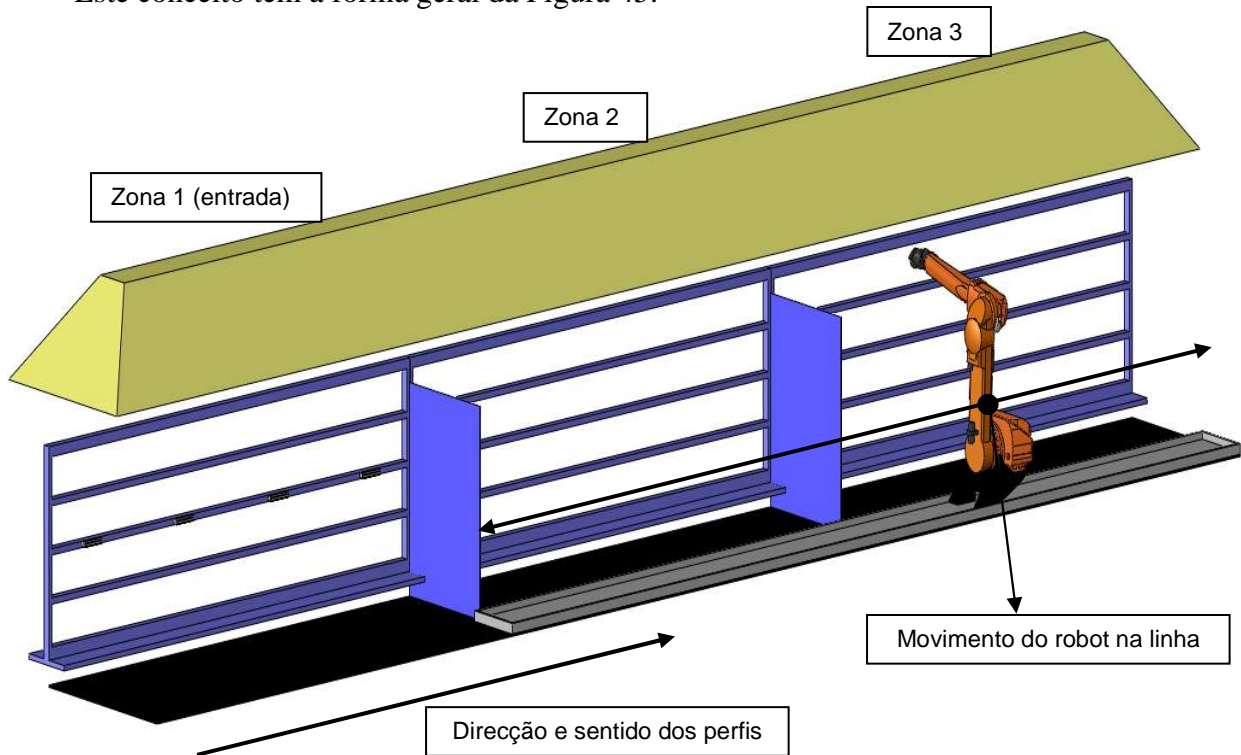


Figura 45 - Aspecto geral do conceito 3.

Através da Figura 45 observa-se que a linha está alimentada com 3 suportes de perfis, um em cada zona. Estes suportes são apoiados num género de carris e que avançam automaticamente com um determinado passo sempre que o robot termina a sua tarefa. O robot movimenta-se nas zonas 2 e 3 sobre um género de uma calha. As zonas estão separadas por uma chapa para garantir a não contaminação dos perfis de uma para outra.

Na zona 1 é onde são realizadas as tarefas manuais como a protecção com fita-cola (quando necessário), lixar, desgordurar, despolar e aplicação do ar ionizado.

Na zona 2 e 3 é onde aplicam o primer, se realiza a pintura e a aplicação do verniz. O robot alterna entre estas duas zonas no sentido de cumprir os tempos estipulados entre estas aplicações para evaporação dos solventes. Como o robot trabalha em duas zonas em simultâneo, ou seja, o que fizer numa irá em seguida fazer na outra, o mais indicado seria existir uma outra zona 1 para que avancem dois suportes de perfis de cada vez.

Na Figura 46 pode-se observar em pormenor a zona 1.

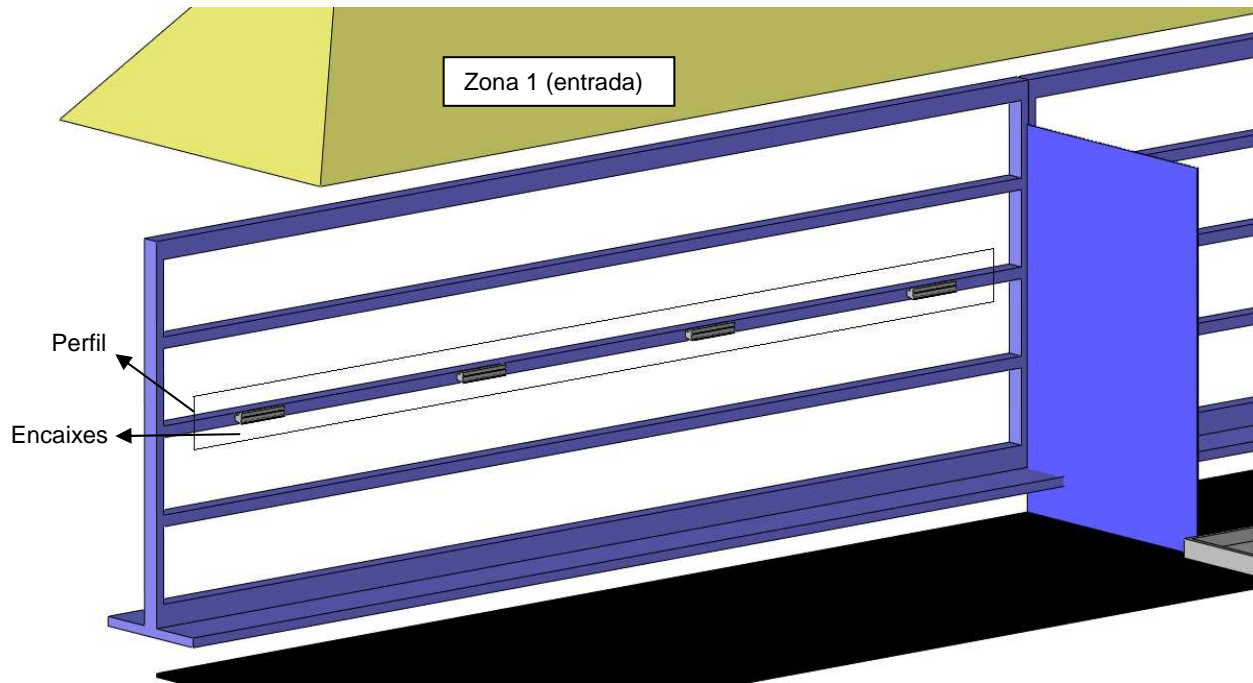


Figura 46 – Detalhe em perspectiva da zona 1.

Através da Figura 46 observam-se os encaixes onde o perfil monta. Estes encaixes são montados da mesma forma acima e abaixo paralelamente, para que possa ter maior capacidade de transportar perfis e de cadência. Os suportes transportam vários perfis posicionados paralelamente entre si na horizontal com indica na Figura 46.

Conceito 4

O conceito 4 foi pensado para ser capaz de cumprir com os seguintes requisitos:

- O conceito realiza todas as tarefas de preparação do perfil: despolar, aplicação do ar ionizado, aplicação do desengordurante e aplicação do primer;
- Pinta uma face de cada vez, sendo estas a exterior ou a interior, ou pinta as 3 faces (faces exterior, interior e alma) da mesma cor em um ciclo;
- O conceito aplica duas demãos de tinta e de verniz;
- O perfil avança com uma velocidade uniforme para ser pintado através de 4 pistolas fixas para a pintura de 3 faces e de 2 pistolas para a pintura de uma face;
- A máquina é afinada manualmente antes de iniciar a pintura. A troca de perfil implica uma nova afinação;
- No caso da pintura das 3 faces o perfil segue apoiado num suporte para ter estabilidade. O suporte entra e sai da linha com o perfil montado nele. Neste caso não existe nenhuma protecção.

Este conceito tem a forma geral da Figura 47.

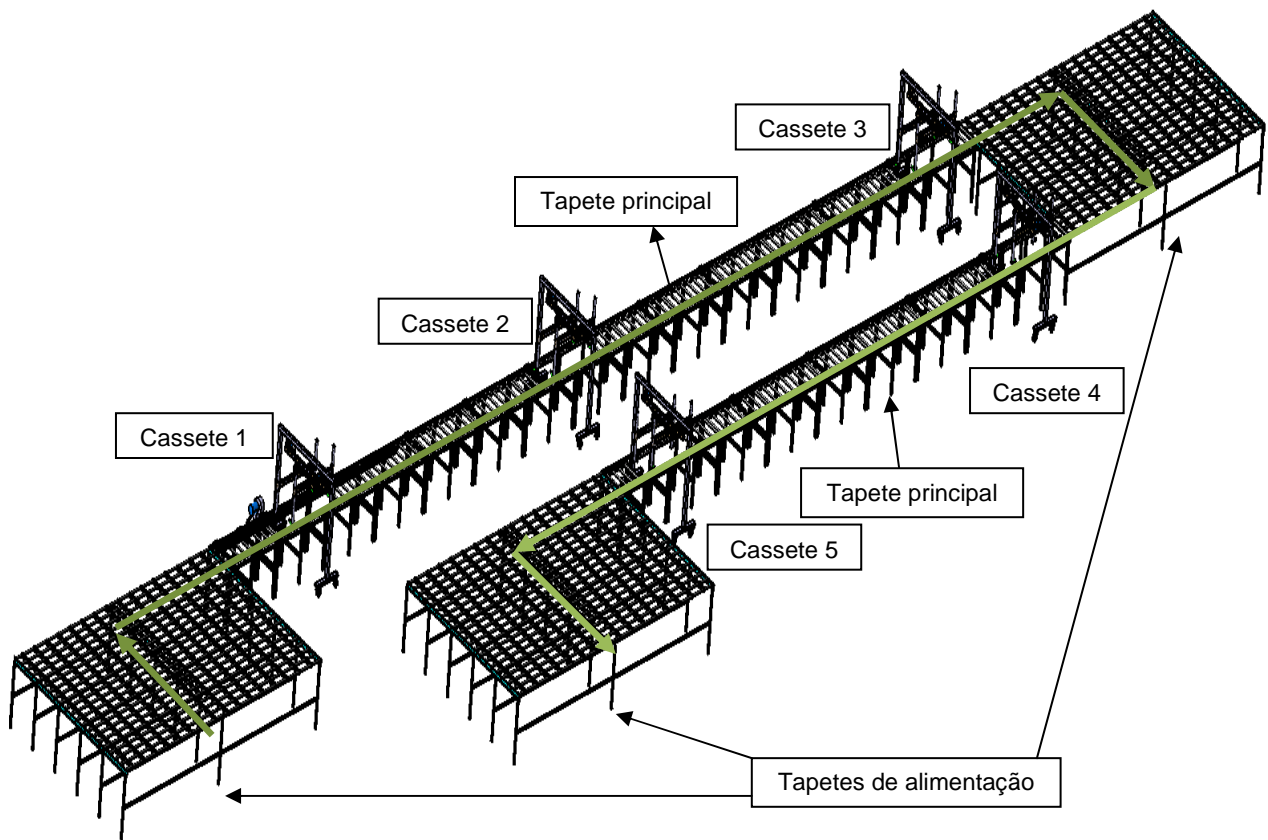


Figura 47 – Aspecto geral do conceito 4.

Através da Figura 47 observa-se uma linha de pintura em que o perfil não segue na mesma direcção do início até ao fim. Este conceito foi pensado assim de forma a torná-lo mais curto dado ao excessivo comprimento calculado através das especificações alvo. A linha de pintura tem um funcionamento contínuo no tapete principal. Ao longo dessa linha o perfil passa pelas várias etapas do processo transportado por tapetes de rolos. A linha é constituída por cinco cassetes (conjunto estrutura mais pistolas), um sistema de guiamento e um sistema de protecção. Nos tapetes de alimentação os perfis avançam passo a passo (Figura 47)

Este conceito (sistema de transporte + sistema de guiamento + sistema de protecção) funciona da mesma forma ao longo da linha. Estes sistemas foram pensados para permitir a flexibilidade desta em afinar o processo assim como em receber os sistemas que vão complementar a linha de pintura como o sistema de pintura e o sistema de exaustão/aquecimento. No caso da pintura uma face, o sistema de protecção tem que ser montado. Na pintura das 3 faces não é necessária nenhuma protecção.

Na Figura 48 observa-se a primeira cassete da linha de pintura.

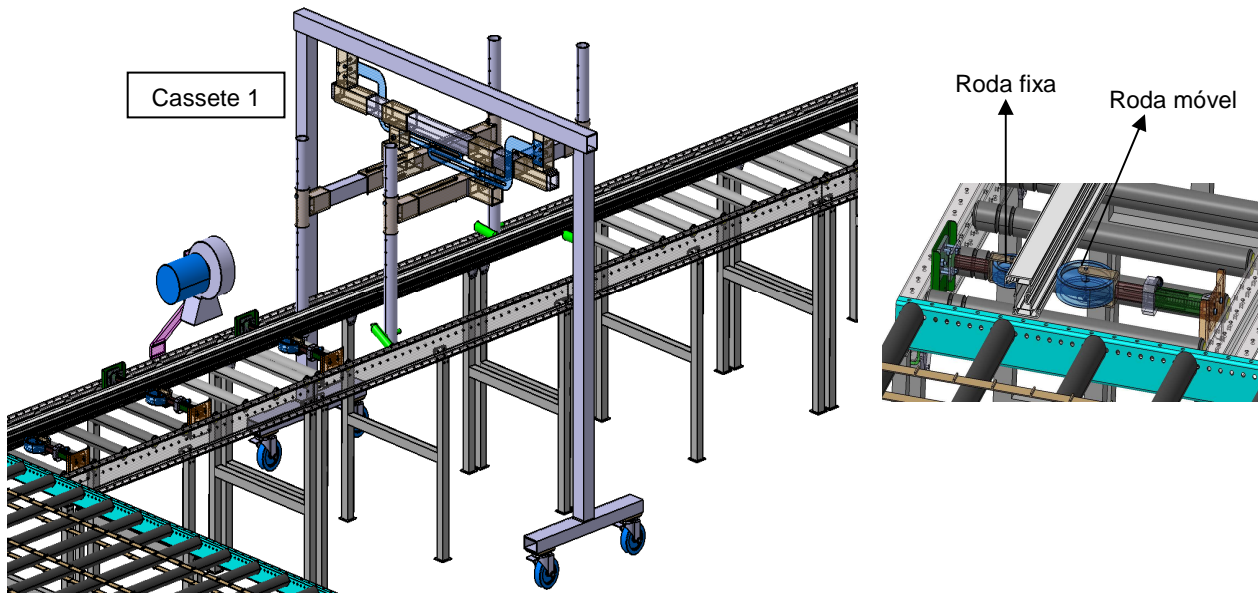


Figura 48 – Detalhe em perspectiva da primeira cassetete (para aplicação do primer) no início da linha de pintura.

Figura 49 – Zoom ao sistema de guiamento da Figura 48.

Através da Figura 48 e Figura 49 observa-se que o perfil é movimentado através de tapetes rolantes e que é guiado por umas rodas laterais.

Alguns rolos são motorizados e transmitem o movimento a todos os outros através de anéis de borracha (Figura 49). Estes rolos são ainda revestidos por uma borracha para proporcionar tracção ao perfil. Ao longo da linha de pintura o transporte e o guiamento são realizados da mesma forma.

No que respeita ao guiamento, as rodas do lado esquerdo são fixas e as do lado direito são móveis (Figura 49). As móveis fazem parte de um sistema tipo mola que empurram o perfil contra as rodas fixas. Nas zonas de aplicação do primer, pintura e do verniz não existem rolos durante um determinado comprimento para que estes não sejam sujos durante a pintura e para que as pistolas possam pintar o perfil nas zonas inferiores (Figura 48).

Este conceito tem duas formas de pintura:

1. Pintura das 3 faces (exterior + interior + alma) com a mesma cor;
2. Pintura ou da face exterior ou da interior (uma face).

No caso número 1 não é necessário nenhum tipo de protecção enquanto no segundo já existe um sistema de protecção. Este é portátil e é de fácil montagem na linha. Antes do início da pintura é necessário montá-lo. Na Figura 50 e Figura 51 observa-se de que forma é realizada a protecção na pintura de uma face.

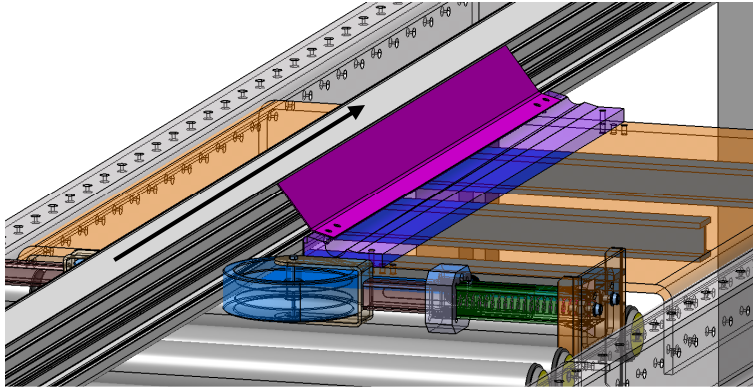


Figura 50 – Detalhe em perspectiva do sistema de protecção do perfil P3051 na linha – Pintura de uma face.

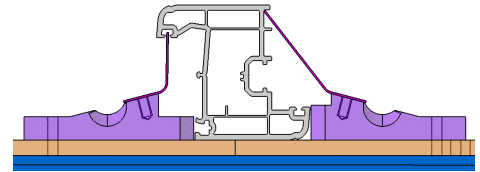


Figura 51 – Detalhe de perfil do sistema de protecção do perfil P3051 – Pintura de uma face.

O transporte do perfil é realizado directamente pelos rolos, ou seja, vai em cima dos rolos.

No caso da pintura das 3 faces o perfil segue na linha montado no suporte como se observa na Figura 52 e Figura 53.

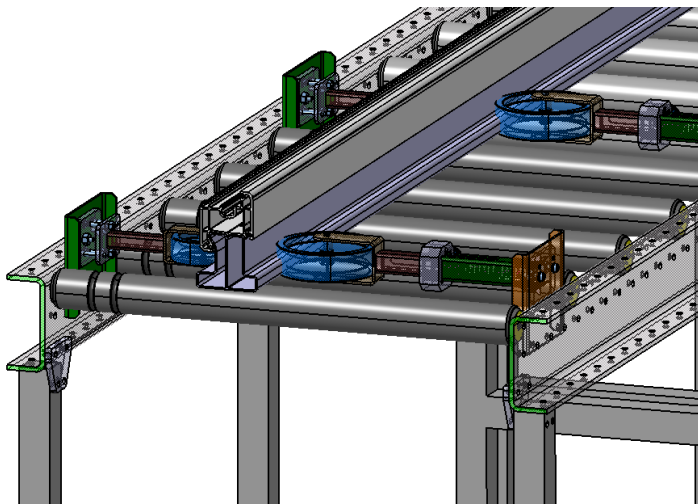


Figura 52 - Detalhe em perspectiva do perfil P3051 + suporte no tapete de rolos – Pintura das 3 faces.

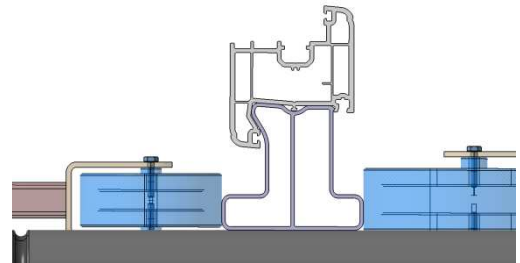


Figura 53 - Detalhe de perfil do perfil P3051 + suporte – Pintura das 3 faces.

3.5 Selecção do Conceito

A selecção do conceito pode ser realizada através de métodos distintos com resultados obviamente diferentes. Os métodos são:

- **Decisão externa:** Os conceitos não são seleccionados por elementos da equipa de desenvolvimento mas sim pelo consumidor que neste caso é a empresa;
- **Melhor produto:** O membro mais influente da equipa de desenvolvimento faz a escolha baseado na preferência pessoal;

- **Votação:** Cada membro da equipa vota no conceito favorito. O conceito mais votado é escolhido;
- **Intuição:** O conceito é seleccionado por um sentimento, ou seja, aquele que simplesmente aparenta ser melhor que todos os outros sem razão explícita;
- **Prós e contras:** A equipa de desenvolvimento lista os pontos fortes e fracos do cada conceito e faz a escolha baseada na opinião do grupo;
- **Protótipo e teste:** A organização constrói e testa vários protótipos de cada conceito, fazendo a selecção baseada nos resultados desses testes;
- **Matrizes e decisão:** A equipa avalia cada conceito em relação a critérios previamente estabelecidos que podem ter um peso relativo.

A metodologia utilizada neste caso será baseada na decisão externa apoiada numa matriz de decisão para que seja possível avaliar os conceitos em função de critérios definidos anteriormente (necessidades, métricas e especificações).

A selecção de conceitos é um processo de avaliação com respeito às necessidades do consumidor e outros critérios, comparando os pontos fortes e fracos dos mesmos, acabando na selecção de um ou mais conceitos para investigação futura, teste ou desenvolvimento.

Normalmente esta fase começa por uma análise inicial de um grande número de conceitos que vai diminuindo com o avançar das diferentes fases de selecção e avaliação. É portanto um processo iterativo mas não implica que numa determinada fase não exista um aumento na quantidade de conceitos por combinação de diferentes características úteis de outros conceitos. O ultrapassar das sucessivas fases, nas quais eliminam ou surgem novos conceitos, acabará na selecção de um conceito dominante (Figura 54).

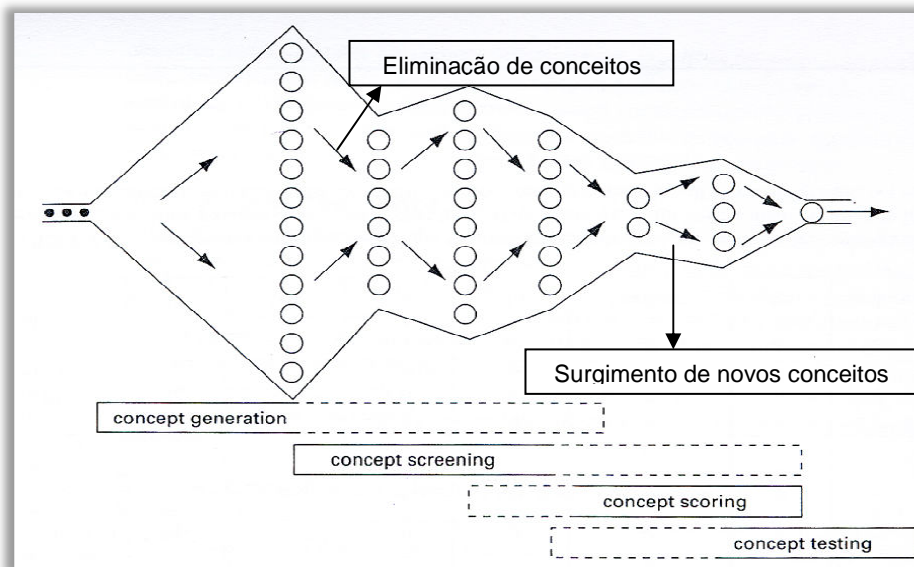


Figura 54 – Processo de selecção de conceitos.

Na Tabela 11 encontra-se uma matriz onde são avaliados os pontos cruciais para o desempenho da linha para cada conceito. Dado não haver muitos conceitos, é realizado logo o *concept scoring* da Figura 54. De referir que o melhor conceito em cada critério de selecção serve sempre de referência para os restantes e tem a nota 10 (Tabela 11).

Tabela 11 – Concept Scoring: 2.5 – Mau; 5 – Fraco; 7.5 – Bom; 10 – Muito Bom.

Critério de selecção	Coefficiente de importância	Conceito 1	Valor Final	Conceito 2	Valor Final	Conceito 3	Valor Final	Conceito 4	Valor Final
Combinações de pintura + combinações de faces + número de ciclos	1	10,0	10,00	5,0	2,50	10,0	10,00	5,0	5,00
Cadência de produção	0,7	10,0	7,00	5,0	3,50	7,5	5,25	7,5	5,25
Velocidade da linha	0,8	5,0	4,00	7,5	6,00	10,0	8,00	7,5	6,00
Custo da linha	0,9	10,0	9,00	5,0	4,50	2,5	2,25	7,5	6,75
Tempo na troca de tinta	0,6	2,5	1,50	2,5	1,50	10,0	6,00	2,5	1,50
Flexibilidade na afinação da linha	0,8	2,5	2,00	7,5	6,00	5,0	4,00	5,0	4,00
Qualidade de pintura	1	2,5	2,50	5,0	5,00	10,0	10,00	7,5	7,50
Eficiência no transporte dos perfis	1	2,5	2,50	10,0	10,00	10,0	10,00	10,0	10,00
Eficiência no guiamento dos perfis	1	2,5	2,50	10,0	10,00	10,0	10,00	7,5	7,50
Eficiência da protecção das faces	1	2,5	2,50	10,0	10,00	10,0	10,00	10,0	10,00
Facilidade de limpeza	0,5	5,0	2,50	7,5	3,75	10,0	5,00	10,0	5,00
Número de pessoas a trabalhar	0,8	5,0	4,00	7,5	6,00	10,0	8,00	7,5	6,00
Grau de automatização	0,8	2,5	2,00	2,5	2,00	10,0	8,00	5,0	4,00
Cumprimento dos requisitos de pintura (fronteiras faciais)	0,9	10,0	9,00	7,5	6,75	10,0	9,00	7,5	6,75
Gasto de energia	0,5	10,0	5,00	7,5	3,75	7,5	3,75	7,5	3,75
Tempo de amortização do investimento	0,6	10,0	6,00	10,0	6,00	2,5	1,50	10,0	6,00
Pintura da alma	1	10,0	10,00	-	-	10,0	10,00	10,0	10,00
Repetibilidade	0,8	10,0	8,00	7,5	6,00	5,0	4,00	10,0	8,00
Alteração nas infraestruturas da empresa	0,4	10,0	4,00	10,0	4,00	5,0	2,00	10,0	4,00
Cumprimento etapas do processo definido	1	10,0	10,00	10,0	10,00	10,0	10,00	10,0	10,00
Comprimento da linha	0,8	7,5	6,00	7,5	6,00	10,0	8,00	2,5	2,00
TOTAL:		140,0	110,00	145,0	113,25	175,0	144,75	160,0	129,00

Pela combinação dos resultados do *concept scoring* realizado pela equipa de desenvolvimento, o conceito vencedor é o 3. A reunião realizada com a empresa para a selecção do conceito ficou definida que a linha de pintura automática vai seguir o conceito 4 através da combinação dos resultados desta matriz com a opinião da empresa. Esta decisão foi tomada pelos membros da empresa envolvidos neste projecto mesmo com a vitória do conceito 3 por uma margem razoável (Tabela 11).

A matriz de selecção utilizada usa critérios de selecção importantes para o funcionamento da linha de pintura automatizada para satisfação das necessidades do cliente. Os coeficientes de

importância foram atribuídos em função das especificações alvo. Tentou-se que esta matriz abordasse o maior número de critérios de selecção no sentido de permitir uma melhor avaliação e com isto o resultado ser o mais exacto possível.

O conceito seleccionado destaca-se pela eficiência no transporte do perfil e da protecção das faces, pela facilidade de limpeza, pela possibilidade de pintura da alma e pela realização de todo o processo num ciclo.

Na opinião pessoal, devia-se ter dado mais ênfase à versatilidade, eficácia, e à maior automatização da linha de pintura. O conceito 3 é sem dúvida o melhor porque:

1. Mantém a versatilidade actual por ser protegido pela fita-cola (que até não sai caro: 250 euros por mês), o que lhe permite pintar todas as combinações de pintura (de cor e faces) tal como no processo actual (o manual);
2. Garante a eficácia por dar a garantia de excelente protecção e respeita ao máximo as fronteiras faciais. A forma eficaz como a empresa faz a protecção com a fita-cola é um trunfo em relação à concorrência. No processo manual é uma mais-valia;
3. Os pontos anteriores aliados a um robot com elevados padrões de pintura e eficácia, permitem melhorar ainda mais o processo;
4. Reduz na mesma proporção o número de homens necessários em relação aos outros conceitos;
5. Reproduz as combinações de pintura do conceito ganhador;
6. Possibilidade de criar mais facilmente um circuito com o secador e assim automatizar ainda mais o seu processo.

Ou seja, reunindo todos os prós e contras dos conceitos 3 e 4, a solução do robot (conceito 3) garante o melhor do processo actual (o manual), que mais nenhuma o faz, e reduz custos da mesma forma que os outros conceitos.

Conceito 1

O conceito 1 mostrou-se inviável devido à protecção ineficaz da alma. Na alma a pintura é realizada de cima para baixo o que faria com que a tinta escorresse pelas protecções e se acumulasse nas zonas de contacto das protecções com os perfis (Figura 55).

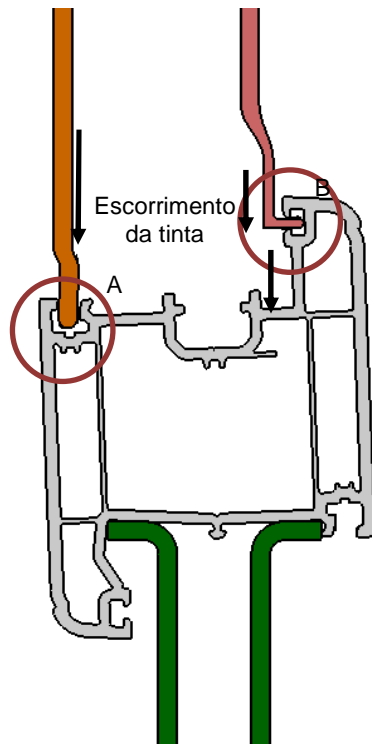


Figura 55 – Vista de perfil da protecção no conceito 1.

Os problemas acontecem na zona A e B da Figura 55. Na zona A, para além da protecção não deixar pintar a zona interior do encaixe, também faz com que se forme tinta residual nesta zona e assim vai contaminar os perfis seguintes. Na zona B, há um escorrimento da tinta que se vai acumular naquela zona e naturalmente vai afectar a qualidade da pintura.

Conceito 2

O conceito 2 mostrou-se inviável devido a uma repetibilidade muito baixa e à não pintura da alma.

A repetibilidade deste conceito fica fortemente afectada pelo facto do perfil não ter um movimento contínuo devido à necessidade deste rodar na zona 2, como se observa na Figura 41. O facto de não pintar a alma não é uma boa aposta porque cada vez mais o cliente final pede a alma pintada. A pintura desta é um factor de diferenciação e de inovação em relação à concorrência.

Conceito 3

O conceito 3 mostrou-se inviável devido ao seu preço e à baixa repetibilidade.

Naturalmente que os robots não são baratos, como foi verificado através de uns pedidos de orçamentos, por isso, torna-se um obstáculo para uma pequena/média empresa. Também a falta de repetibilidade é uma das razões por não querer o robot aliada a uma ideia pré-concebida por parte da empresa num conceito com pistolas fixas e os perfis a se movimentarem uns encostados aos outros. Encostados não significa exactamente em contacto mas muito próximos. Apesar de

estas desvantagens serem determinantes para a empresa, este conceito foi o vencedor pela análise através das metodologias do desenvolvimento de produto.

3.6 Arquitectura

A definição da arquitectura do produto consta na sua esquematização tanto a nível funcional como em termos físicos. Os elementos funcionais são as operações individuais e transformações que contribuem para a performance global do produto. Os elementos físicos são os componentes e subconjuntos que implementam de uma forma final as funções do produto.

Conjunto

Na Figura 56 observa-se o desenho de conjunto da linha de pintura e o sentido de funcionamento.

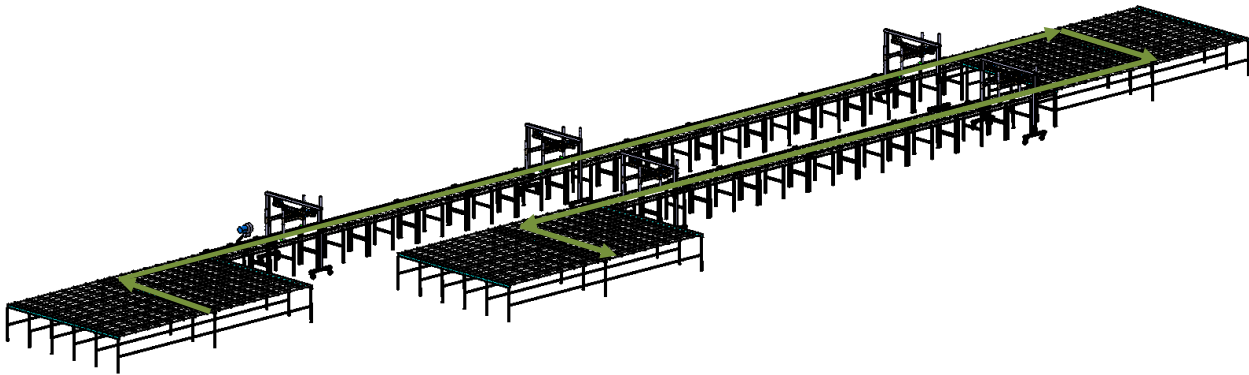


Figura 56 – Aspecto geral do conjunto: Sistema de transporte + Sistema de guiamento + Sistema de protecção.

Neste conceito optou-se por esta configuração por a linha ser muito comprida.

Na Figura 57 observa-se em detalhe parte da linha de pintura, com o sistema de transporte, pintura e de protecção. Ao longo da linha os sistemas seguem os mesmos conceitos de funcionamento.

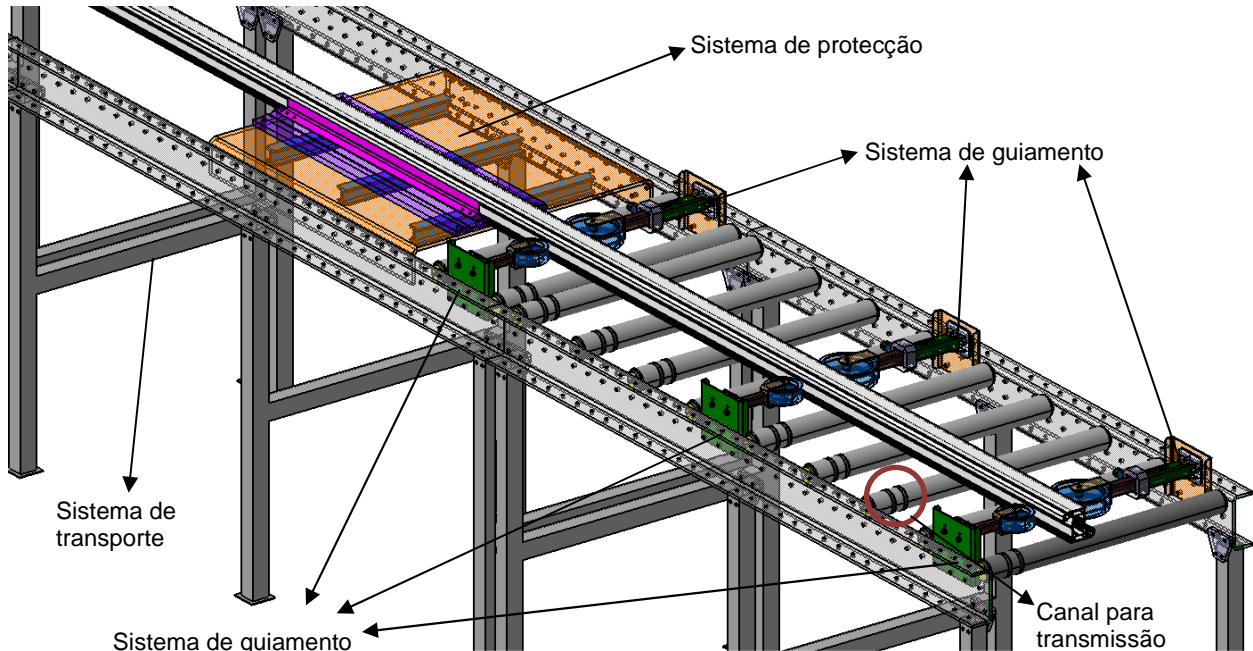


Figura 57 - Detalhe do conjunto.

Sistema de Transporte

O sistema de transporte é o sistema responsável pelo movimento dos perfis. Este sistema é caracterizado por um tapete de rolos em que apenas alguns são motorizados e por uma estrutura com os furos necessários para que os outros sistemas possam ser ajustados mediante a afinação desejada.

Cada rolo motorizado transmite uma potência a um conjunto de rolos livres. Esta é realizada através de anéis de borracha. Na Figura 58 observa-se este tipo de transmissão recorrendo à imagem de um fabricante.



Figura 58 – Fotografia do rolo com motor próprio e transmissão (Interroll, 2004).

Os rolos não devem levar com tinta das pistolas assim como as zonas de transmissão deve estar protegida de óleos ou outros líquidos que possam causar o escorregamento das borrachas nos rolos. Para evitar isto deverão ser criadas algumas protecções em chapa por exemplo.

Os motorizados possuem um motor próprio interno. De modo a ser garantido a eficácia no transporte dos perfis, os rolos são encapuçados com uma borracha para aumentar o atrito com o PVC (Figura 59). Através da Figura 57 observa-se que o primeiro rolo (mais escuro que os outros) é o motorizado.

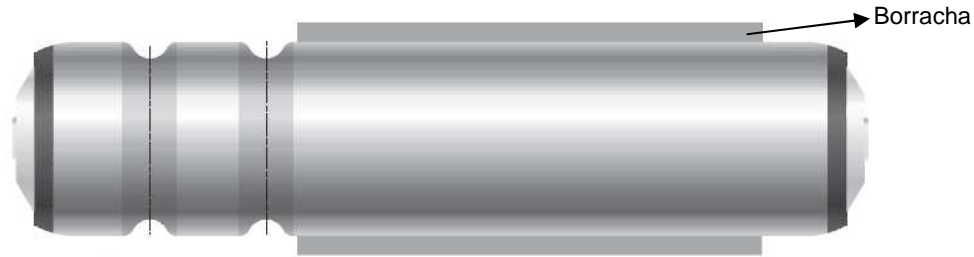


Figura 59 – Rolo com a borracha (Interroll, 2004).

O sistema de alimentação da linha de pintura é também constituído por um tapete mas em vez de ser com rolos é com correias. As correias alimentam a linha através de um movimento intermitente. Este sistema é pensado para poder criar um *buffer* de perfis e assim a linha ter autonomia por um período de tempo. O próximo perfil a entrar na linha só avança quando o seguinte já estiver completamente na linha de pintura (Figura 57). Na Figura 60 observa-se o sistema de alimentação.

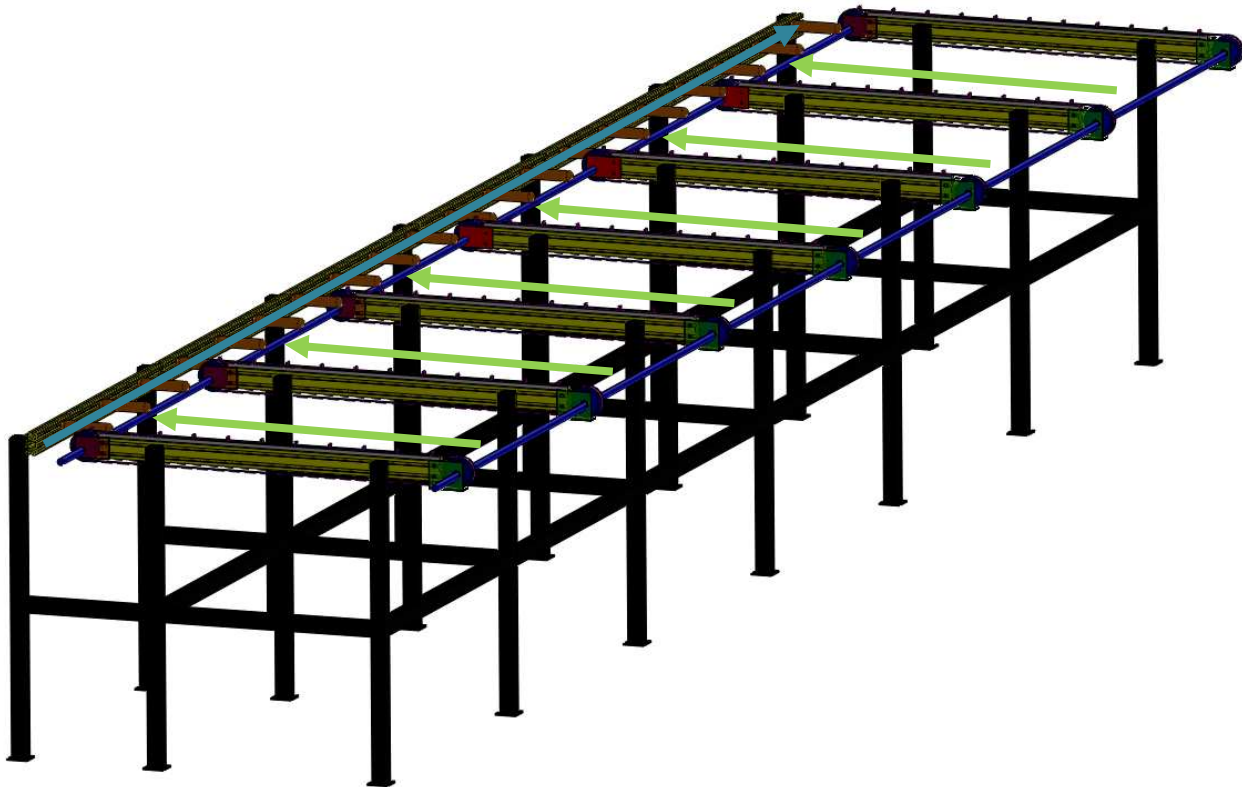


Figura 60 – Sistema de alimentação da linha de pintura em perspectiva.

Na Figura 61 observa-se um detalhe em perspectiva do sistema de alimentação. O perfil na figura (P3051) está parado e na eminência de avançar. A partir do momento em que o perfil que seguiu para a linha de pintura antes (do da Figura 61) está completamente na linha de pintura, o perfil avança segundo a Figura 61.

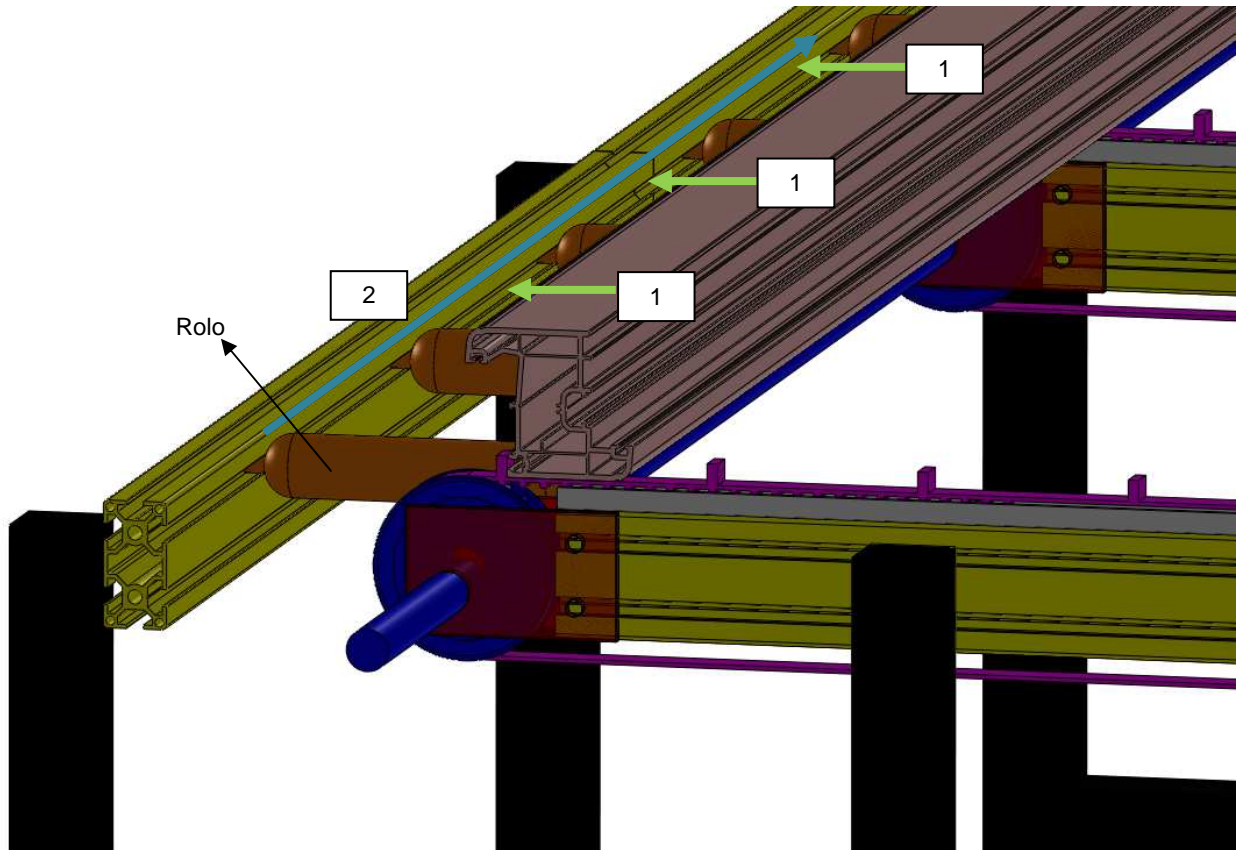


Figura 61 – Detalhe em perspectiva do sistema de alimentação com o movimento do perfil.

No movimento número 1, as correias avançam a determinada velocidade e vão pousar o perfil em cima de uns rolos. A partir do momento em que o perfil entra em contacto com os rolos ele tem o movimento indicado em 2. Estes rolos são motorizados e tem uma velocidade em função da velocidade da linha para que no momento em que o perfil perde o contacto com estes rolos (ou seja, esteja completamente na linha de pintura), o perfil esteja “colado” no seguinte e assim haja uma recuperação no para aproveitar ao máximo a repetibilidade. A velocidade destes rolos (do sistema de alimentação) será sempre superior à velocidade da linha.

Sistema de Protecção

O sistema de protecção é o responsável pela protecção das faces a não pintar. Na zona de acção deste, o sistema de transporte não tem rolos (Figura 57). O sistema apenas é usado na pintura de uma face sendo retirado no caso de pintura das 3 faces. Este foi completamente desenvolvido durante este trabalho. Na Figura 62 observa-se o sistema de pintura.

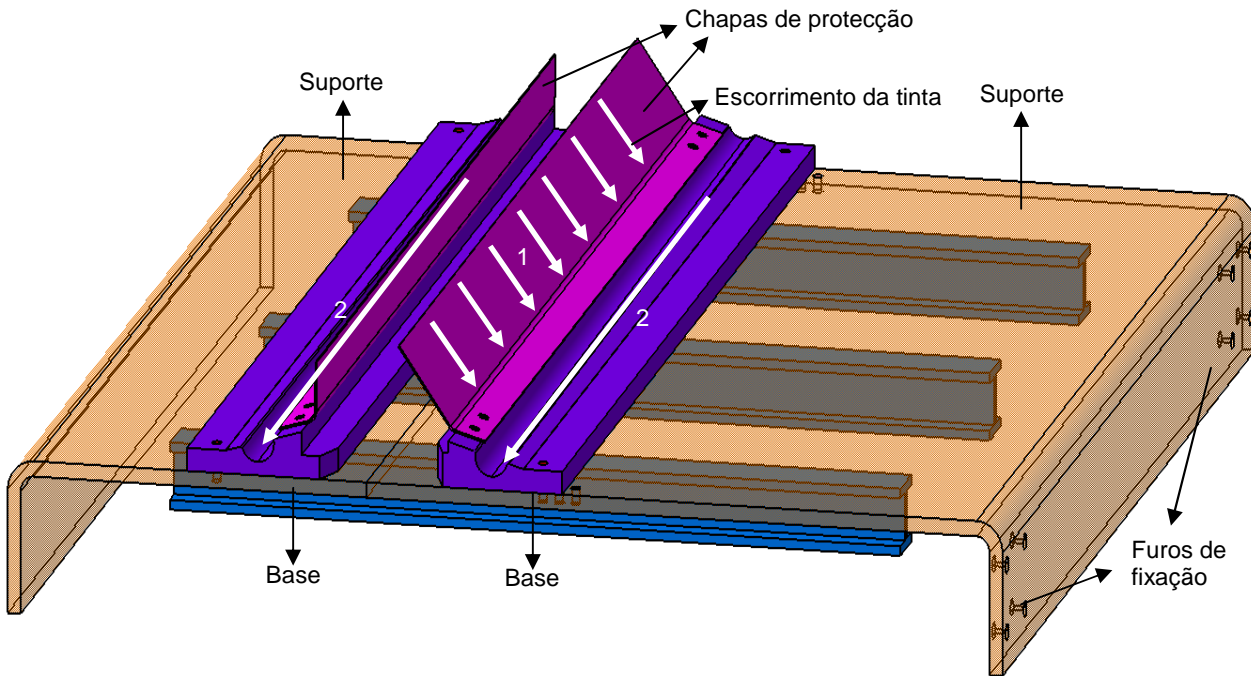


Figura 62 – Sistema de pintura e perspectiva.

Através da Figura 62 observa-se que o sistema possui dois suportes, quinados, em forma de L que vão ser fixos à estrutura. Devido à flexão, estes suportes são reforçados com 3 perfis em I e são fixos à estrutura da linha de pintura.

As bases das chapas de protecção cujo posicionamento aos suportes faz-se através de cavilhas onde a montagem e desmontagem se faz rapidamente. As bases possuem um canal inclinado que permite que o excesso de tinta esorra por ele e assim seja conduzida para contentores adequados para o efeito. O suporte do lado esquerdo da Figura 62 tem um furo de posicionamento para a base enquanto o outro tem 3. Os dois suportes estão alinhados com os rolos do tapete rolante (Figura 57) de formar a amparar o perfil visto que esta zona não tem rolos. A espessura das chapas de protecção deve ser a menor possível para se ter maior segurança na protecção aos perfis, pelo menos que o espaço entre as chapas e o perfil seja maior que a tolerância de produção, quer do sistema quer dos perfis em PVC.

Sistema de Guiamento

O sistema de guiamento é o responsável pelo guiamento dos perfis. O bom guiamento tem de ser garantido para que as chapas de protecção possam deslizar de forma correcta no perfil (Figura 57). Um mau posicionamento do perfil pode originar o choque deste com as chapas de protecção. A consequência é o encravamento da linha de pintura. O sistema de guiamento foi completamente desenvolvido durante este trabalho, não existe no mercado. Foi pensado de modo a ser flexível na sua capacidade de afinação e também na procura do sistema mais barato sendo uma alternativa aos sistemas pneumáticos e hidráulicos. Os componentes que constituem estes dois tipos de guiamentos são soldados e aparafusados entre si.

Existem dois tipos de guiamento na linha de pintura:

- Guiamento fixo;
- Guiamento móvel.

O guiamento fixo tem a função de servir de batente e permitir que o perfil deslize facilmente sobre este. Na Figura 63 observa-se o guiamento fixo.

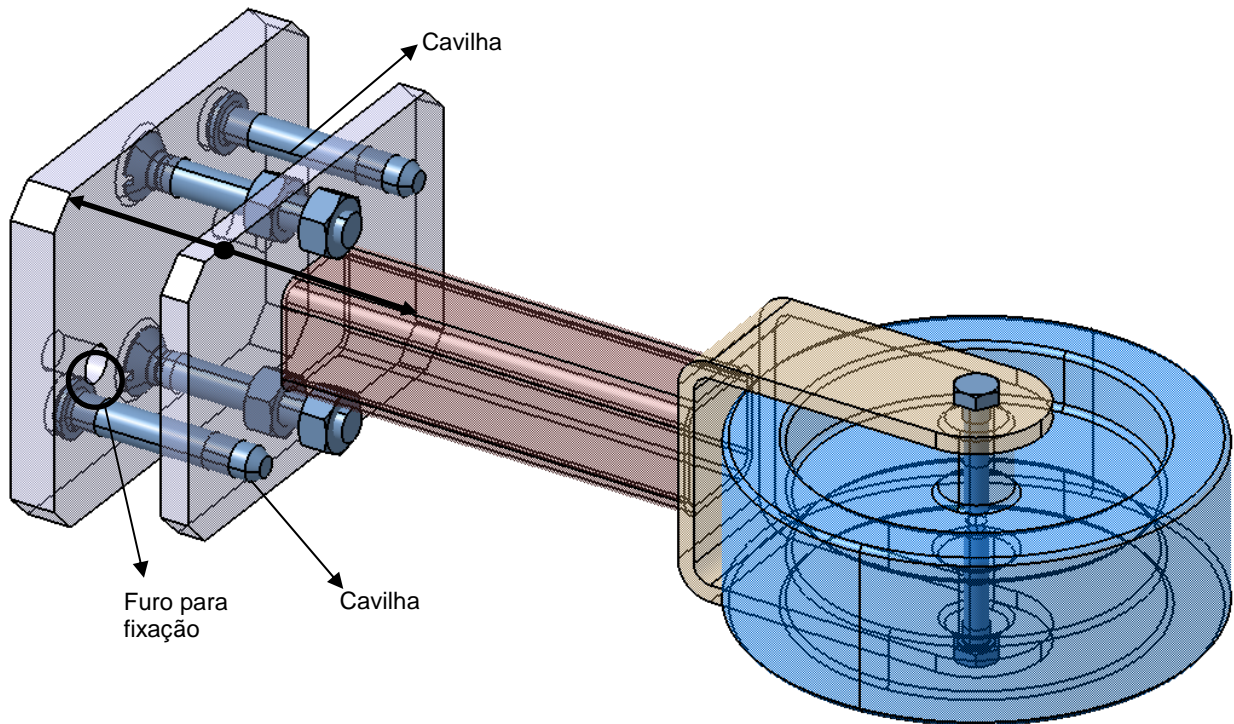


Figura 63 – Guiamento fixo em perspectiva.

Os guiamentos fixos são montados na estrutura da linha de pintura, ou seja, no sistema de transporte (lado esquerdo da Figura 57).

O guiamento pode ser afinado por um conjunto de porca e contra porca. Este afinamento é guiado por um par de cavilhas (Figura 63).

Os guiamentos móveis têm a função de “empurrar” o perfil contra os guiamentos fixos. Na Figura 64 observa-se o guiamento móvel.

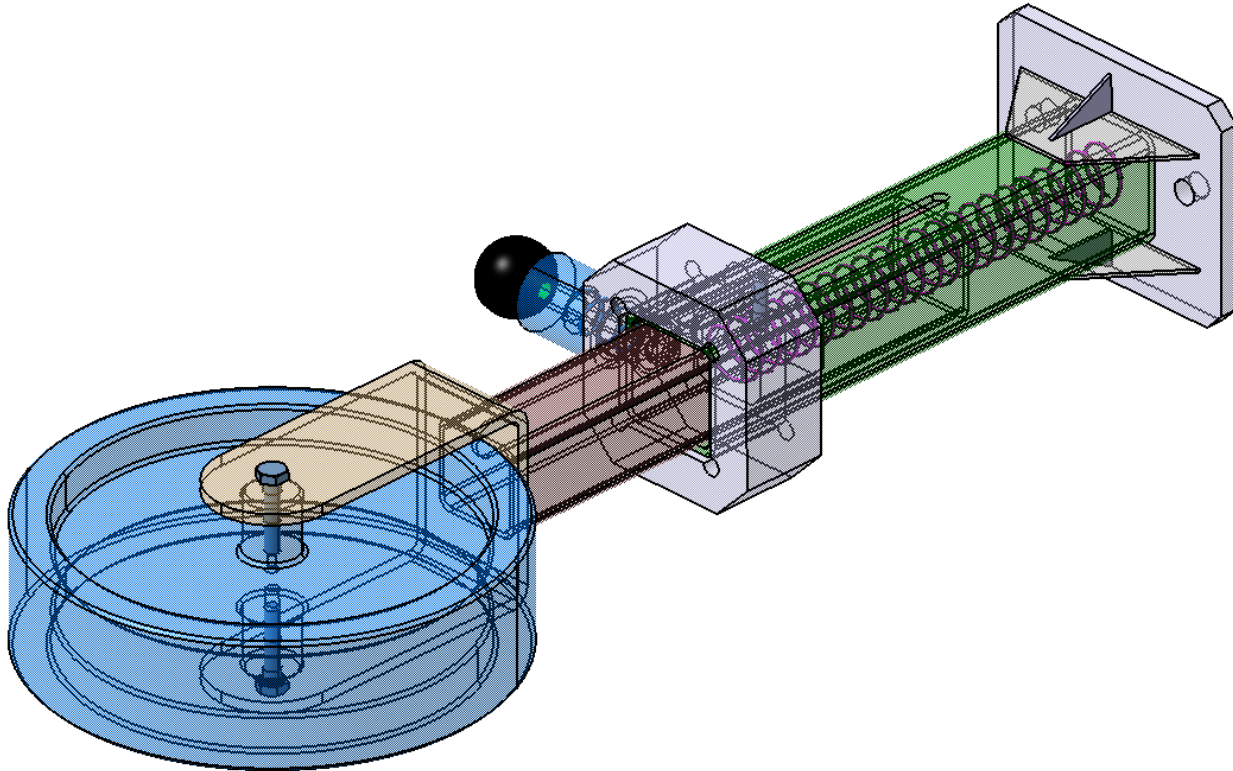


Figura 64 – Guiamento móvel em perspectiva.

Os guiamentos fixos são montados na estrutura da linha de pintura, ou seja, no sistema de transporte (lado esquerdo da Figura 57).

O guiamento móvel funciona de uma forma simples e prática. Uma mola interna que confere a compressão do perfil contra os guiamentos fixos. O perfil ao entrar faz comprimir mais a mola que por sua vez mantém o perfil bem guiado e seguro. Existe uma máscara que tem a função de posicionar previamente a posição inicial do guiamento. Existem perfis mais largos que outros por isso e de modo a não correr o risco de a mola não comprimir e o perfil não entrar desenvolveu-se esta máscara em que apenas se puxa um pino, desliza-se a máscara e volta-se a soltar o pino (Figura 65).

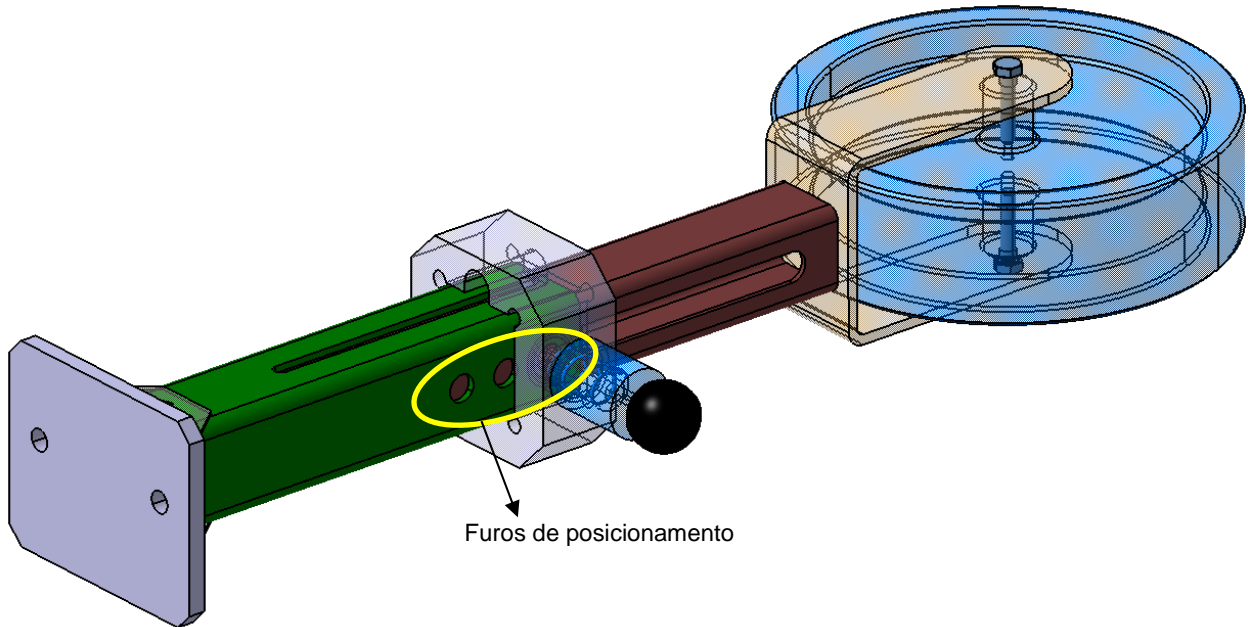


Figura 65 - Guiamento móvel em perspectiva 1.

Através da Figura 65 observa-se que a máscara tem três posições. Na posição em que se encontra é quando a distância entre a roda do guiamento móvel e a do fixo é a menor. No terceiro é quando esta distância é máxima. Naturalmente uma posição é para os perfis mais finos e a outra para os mais largos respectivamente. E ainda existe uma posição intermédia para os outros perfis.

Através da Figura 66 observa-se um plano de corte coincidente com eixo da gaiola da máscara.

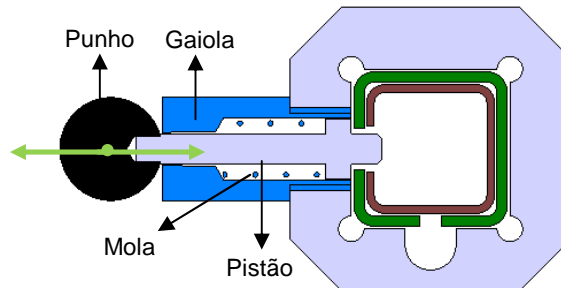


Figura 66 – Vista em corte do guiamento móvel 1.

Na Figura 67 e Figura 68 observa-se outras perspectivas do conjunto.

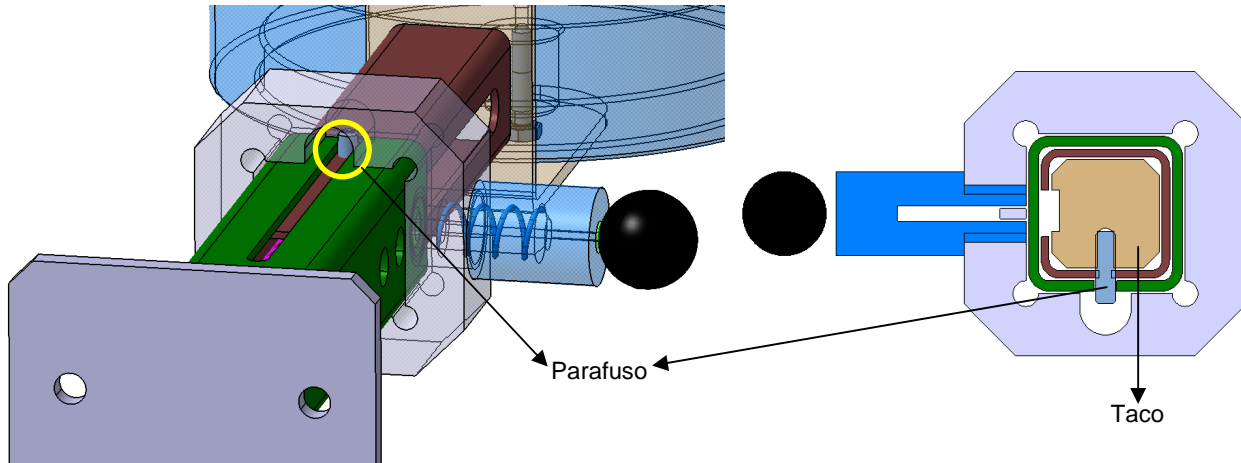


Figura 67 – Guia móvel em perspectiva 2.

Figura 68 – Vista em corte do guia móvel em corte 2.

Através da Figura 67 observa-se um parafuso solidário com o tubo interior e que no interior desde está aparafusado num taco (Figura 68). Este taco serve de batente para a mola. A máscara está fixa ao tubo exterior. O parafuso faz batente na máscara como se pode observar na Figura 69.

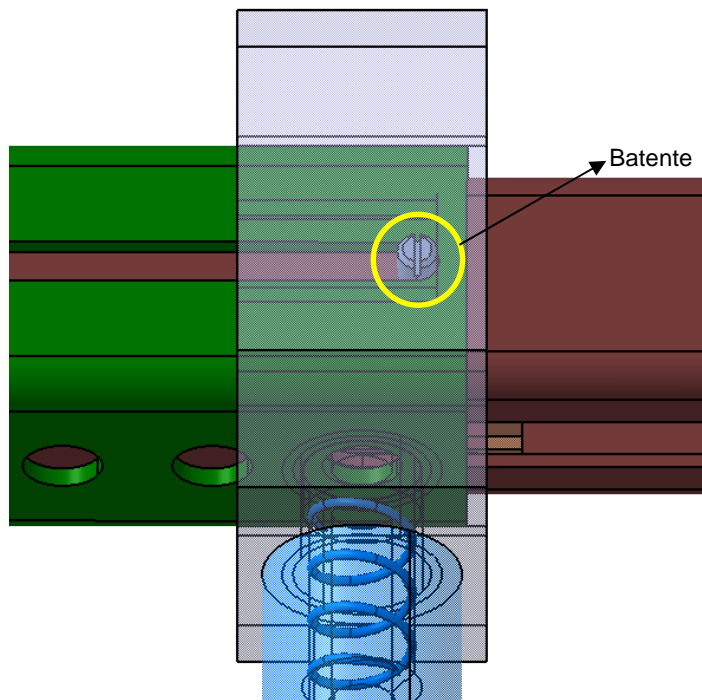


Figura 69 – Pormenor do guia móvel.

Concluindo a máscara é fixa ao tubo exterior através de um sistema próprio e não permite a descompressão total da mola porque um parafuso faz batente na máscara. A mola faz batente no interior do tubo interior, no taco, ao qual está solidário por estar aparafusado.

Sistema de Pintura

O sistema de pintura é o responsável pela pintura dos perfis. A linha de pintura usa um sistema de pistolas fixas previamente posicionadas numa estrutura desenvolvida para o efeito, para quando o perfil passar a tinta conseguir atingir as áreas desejadas. As pistolas são a única parte do sistema de pintura que vai ter influência directa na linha de pintura, assim como a estrutura onde estão apoiadas. Estima-se que o número de pistolas necessárias para pintar 3 faces do perfil são 4 enquanto na pintura de uma face apenas se utilizem duas. Para que estas pistolas possam ser afinadas, desenvolveu-se uma estrutura que permita às pistolas os graus de liberdade suficientes para conseguir da melhor forma essa afinação. Na Figura 70 observa-se a estrutura e as respectivas pistolas (ou, como é conhecida, por cassete).

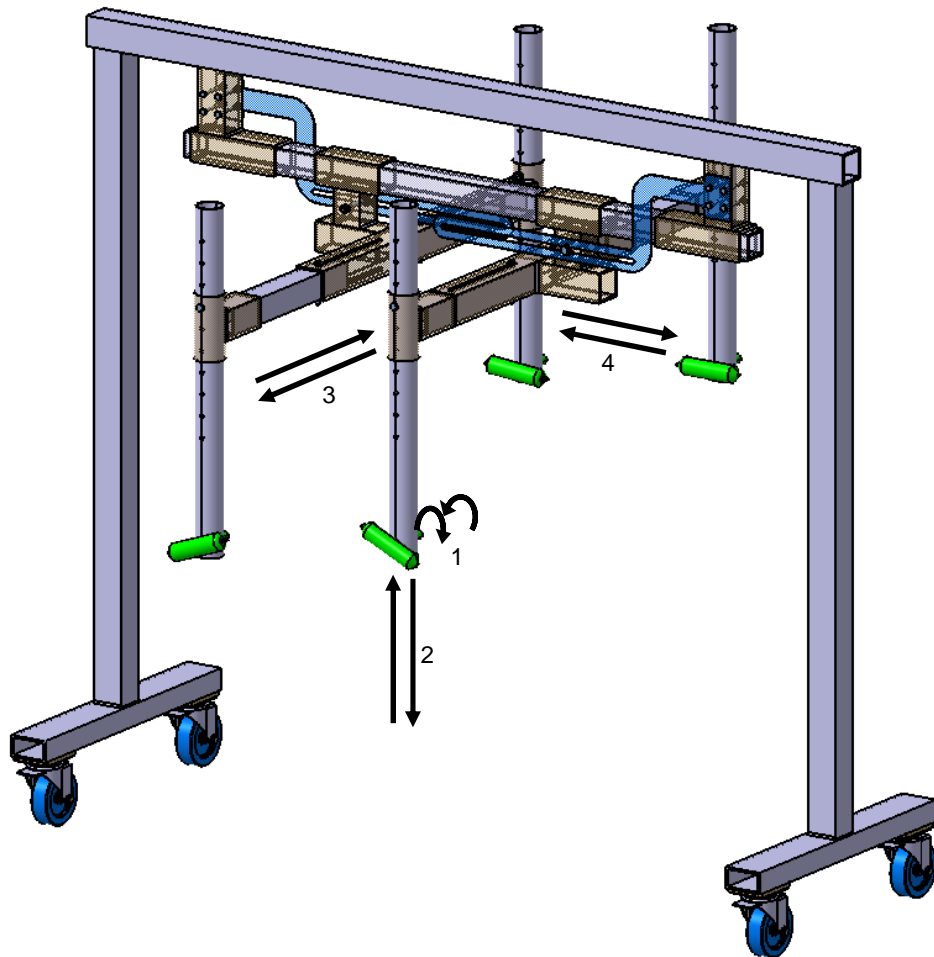


Figura 70 – Conjunto estrutura + pistolas (ou cassete) em perspectiva pertencente ao sistema de pintura.

O sistema permite 4 movimentos de afinação para cada pistola, tal como se observa na Figura 70. A estrutura pode mover-se ao longo da linha (paralelamente a esta) devido às rodas fixas. Este foi pensado para ser versátil na afinação.

Sistema de Exaustão/Aquecimento

O sistema de exaustão/aquecimento é o responsável pela renovação do ar e pela extracção dos solventes assim como pelo aquecimento do ambiente através de um queimador de gás.

A boa extracção dos solventes é fundamental para que os solventes se possam evaporar mais facilmente. Um ambiente com solventes iria dificultar a evaporação destes, é como ter roupa a secar num ambiente húmido. O resultado é a maior demora da roupa a secar (ou até mesmo não secar).

Dada a natureza particular deste projecto não existe no mercado nenhum sistema que possa ser comprado e aplicado na linha de pintura. Qualquer orçamento pedido é motivo de um estudo e isto leva tempo a ser realizado. Para além do mais, muitos fornecedores não fazem este estudo enquanto não tiverem algumas garantias que o seu produto no final vá ser comprado. Dada esta dificuldade, não foi possível obter nenhuma informação sobre qualquer sistema que possa ser aplicado na linha de pintura.

4. CONCLUSÃO

Tendo em conta o actual cenário industrial, as empresas deparam-se com um mercado cada vez mais competitivo em busca de produtos específicos. Como resultado, as empresas necessitam de otimizar os seus processos produtivos com a finalidade de aumentarem a produtividade e reduzir os custos de produção para se manterem no mercado. De notar, que a redução destes custos, deve ser realizada tendo em consideração a qualidade dos produtos.

Este trabalho foi realizado para uma empresa nacional da Indústria da Caixilharia que pretendia a automatização da sua linha de pintura. A mais-valia desta empresa reside na sua flexibilidade e na capacidade de apresentar soluções a medida do cliente. A empresa apresenta uma variada gama de perfis de caixilharia em PVC que pode pintar e combinar em várias cores. No entanto, para se manter competitiva e face aumento da procura destes perfis, a empresa decidiu automatizar a sua linha de pintura, o que se apresentou desde logo como um desafio, devido às especificidades muito complexas da linha actual.

Este projecto desenvolveu-se segundo uma metodologia estruturada para o desenvolvimento do produto, envolvendo a definição de especificações suportadas pelas necessidades expressa pela empresa como cliente e utilizador final mas também pela análise de duas linhas de pintura automáticas específicas para a pintura de perfis de 6m em PVC, as únicas conhecidas até ao momento. Estas encontram-se na Bélgica na empresa fornecedora dos perfis em PVC à empresa nacional para qual este projecto é elaborado.

As soluções encontradas foram desenvolvidas com vista a melhorar a situação actual da empresa e a sua realidade em termos de enquadramento de mercado e assim proporcionar o maior crescimento possível que poderá ser oferecido pelo uso de uma linha de pintura automática mais avançada e mais económica possível.

Os principais sistemas desenvolvidos, o sistema de transporte, protecção e de guiamento, foram pensados no sentido de serem sistemas simples, eficazes, flexíveis e mais baratos possíveis. A linha foi pensada para garantir flexibilidade de afinação assim como na possibilidade de pintura de outros perfis, com formas e dimensões diferentes. Os sistemas de pintura e exaustão/aquecimento irão ser incorporados sob determinada forma na linha a fim de cumprir com os requisitos aqui tratados.

Ao longo do processo de desenvolvimento do produto foram comparadas soluções alternativas e gerada uma matriz para avaliar os conceitos em função dos critérios definidos (necessidades, métricas e especificações). Esta matriz serviu de apoio à decisão final, assumida pela empresa. Apesar da solução vencedora (conceito 3) apontar para uma solução robotizada, que por ser a mais flexível permitiria uma maior complexidade combinações sem comprometer a qualidade actual, optou-se por uma solução de compromisso tomada pela própria empresa baseada nas soluções apresentadas. Esta solução (conceito 4) é inovadora na medida em que permite duas combinações de pintura (pintura de uma face: a exterior ou a interior; pintura das 3 faces: a exterior, interior e a alma). No entanto, tem como desvantagem (em relação à vencedora) as limitadas combinações de pintura (de faces e de cor), o mau investimento a médio e longo prazo, a velocidade máxima da linha ser muito baixa (mesmo com o comprimento máximo permitido) e pelas maiores incertezas no que respeita à funcionalidade.

Este projecto permitiu a aquisição de competências quer na vertente de desenvolvimento do produto e os seus aspectos metodológicos, quer no domínio das ferramentas e competências para a realização técnica do desenvolvimento do produto.

Espera-se que o trabalho aqui desenvolvido venha proporcionar um produto diferenciado e assim promover uma inovação no que respeita à lacagem de perfis em PVC para Caixilharia.

5. TRABALHO POR REALIZAR

Dificuldades foram encontradas devido à forma como o desenvolvimento da linha de pintura automática está condicionado a outros factores externos como número de pistolas a usar (vai influenciar a estrutura das pistolas), intervalo da velocidade de pintura (vai influenciar o comprimento da linha), factores estes que estão relacionados com a pintura e que não pertencem ao domínio do INEGI e nem estão contemplados neste projecto.

Para resolver alguns destes problemas é extremamente importante fazer alguns ensaios ou testes que requerem recursos económicos como também material disponível por parte das marcas ou das sucursais no país. No fundo trata-se de um background necessário para que haja desenvolvimento de produto onde é necessário validar conceitos.

As orientações da empresa na sua experiencia com a pintura, da empresa das tintas e das pistolas são fundamentais no sentido de nos poder orientar da melhor forma e assim ultrapassar os vários problemas de desenvolvimento que vão surgindo.

A dificuldade actual está no grande comprimento que a linha tem. Esta está dependente das velocidades a adoptar. Quanto maior a velocidade maior o comprimento para cumprir com os tempos entre as etapas de pintura e aplicação de verniz. Para a linha ter um tamanho máximo possível para o espaço reservado para ela a velocidade máxima estimada é muito baixa quando comparada com as da Bélgica. Esta velocidade pode até prejudicar a pintura. A curva apresentada no conceito ganhador também não satisfaz por também não haver espaço para os lados. Por isto neste momento está-se a pensar numa linha que não tenha a curva e tenha de pintar mesmo até à velocidade máxima estimada.

Como em apenas em 30% dos casos vão usar o verniz, existe a possibilidade da linha pintar a uma maior velocidade quando apenas tem de pintar, ou seja, não se aplica o verniz, como é o caso dos restantes 70%. Aqui as cassetes de pintura movem-se na linha aproveitando todo o comprimento desta, permitindo assim que a velocidade aumente.

Por ser tratar de um produto muito específico, existem muitas dificuldades em conseguir informações sobre potenciais soluções para este conceito de linha de pintura junto dos potenciais fornecedores de componentes e especialmente de sistemas ou máquinas por envolver estudos. Estes estudos consomem tempo logo custos também estão envolvidos, por isto, muitos destes potenciais fornecedores, convictos que no final não vão ter a recompensa ou que isto não vai dar em nada, não se comprometem a este estudo ou avançam mas com receio.

Mas à margem de estas dificuldades e posteriormente à entrega deste relatório, o desenvolvimento da linha de pintura automática contínua através dos seguintes pontos:

- I. Projecto detalhe;
 - a. Selecção de materiais;
 - b. Dimensionamento estrutural;
 - c. Selecção de componentes;
 - d. Desenhos de definição.
- II. Desenvolvimento de protótipo;

- III. Testes e afinações;
- IV. Eventuais ajustes necessários.

Tal como foi referido no início deste relatório, o INEGI é responsável até à conclusão do ante-projecto, ficando as fases posteriores à responsabilidade da empresa.

6. BIBLIOGRAFIA

Agency, webdote.com - digital. 2007. QREN. *Incentivos QREN*. [Online] 2007. [Citação: 12 de Março de 2009.]

<http://www.incentivos.qren.pt/innerpage.aspx?idCat=159&idMasterCat=10&idLang=1#A1>.

Deceuninck. 2009. Diferentes Tipologias. *Deceuninck Corporate*. [Online] Deceuninck, 2009. [Citação: 17 de Abril de 2009.] <http://www.deceuninck.pt/productos-sistemas-carpinteria-diferentes-tipologias.php>.

INEGI. 2007. A instituição. *Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial*. [Online] INEGI, 2007. [Citação: 12 de Março de 2009.]

<http://www.inegi.pt/instituicao/instituicao.aspx>.

—. **2007.** Brochura Institucional. *Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial*. [Online] INEGI, 2007. [Citação: 29 de 03 de 2009.]

http://www.inegi.pt/ddownloads/outros/Brochura%20Institucional_pt.pdf.

Interroll. 2004. Catalogue. *Interroll*. [Online] Interroll, 2004. [Citação: 07 de 07 de 2009.] [http://www.interroll.com/runappl.html/FoeRo_08_EN_Completo?wm=a\(127\)&dp=a\(dl\)d\(540\)&ext=..](http://www.interroll.com/runappl.html/FoeRo_08_EN_Completo?wm=a(127)&dp=a(dl)d(540)&ext=..)

Kömmerling. 2009. Sistemas de Ventanas. *Página inicial*. [Online] Profine, Março de 2009. [Citação: 25 de Março de 2009.] http://www.kommerling-portugal.com/_docum/Marco_incomparable08_PT.pdf.

Patrick, Stuart. 2005. *Practical Guide to Polyvinyl Chloride*. Shrewsbury : SMITHERS RAPRA, 2005. 9781859575116 9781847350527.

Pires, António Ramos. 1999. Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos. *Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos*. Lisboa : Edições Sílabo, 1999.

Ulrich, Karl T. and Eppinger, Steven D. 2008. *Product Design and Development*. New York : McGRAW - HILL INTERNATIONAL EDITION - 4th EDITION, 2008. 978-007-125947-7.

Wikipedia. 2009. Wikipedia. *Polyvinyl Chloride*. [Online] MediaWiki, Março de 2009. [Citação: 12 de Março de 2009.] <http://en.wikipedia.org/wiki/PVC>.

7. ANEXOS

ANEXO A: O PVC

O PVC (PolyVinyl Chloride) – Cloreto de Polivinila – é um produto baseado nos recursos naturais da Terra: sal e gás ou petróleo. A *electrólise*¹ da água salgada dá origem ao cloro (em adição à soda caustica e hidrogénio). Etileno pode ser derivado da nafta quando o petróleo é refinado ou o gás natural. O cloro e o etileno podem ser combinados para formar o *monómero*² de cloreto de vinil. O PVC resulta da *polimerização*³ do cloreto de vinil (Patrick, 2005).

O PVC não pode ser processado por si só por causa da sua muito baixa estabilidade térmica e alto índice de viscosidade. Portanto, é necessário, para combinar com o polímero, um número de aditivos adequados para dar uma gama ampla e variada de propriedades mecânicas, físicas, químicas para satisfazer as várias e diferentes aplicações. A sua durabilidade, associado ao seu custo efectivo, tem feito deste um dos termoplásticos mais usados no mundo (Patrick, 2005).

O PVC é um termoplástico, isto significa que tem a propriedade de se fundir quando aquecido e endurecer quando arrefecido. Os materiais termoplásticos, formulados correctamente, podem ser submetidos a este processo várias vezes sem haver grandes alterações na formulação química. O PVC tem inicialmente uma estrutura amorfa, inclusive falta de ordem posicional na escala molecular, e demonstra estabilidade dimensional até à *temperatura vítrea*⁴ (Patrick, 2005).

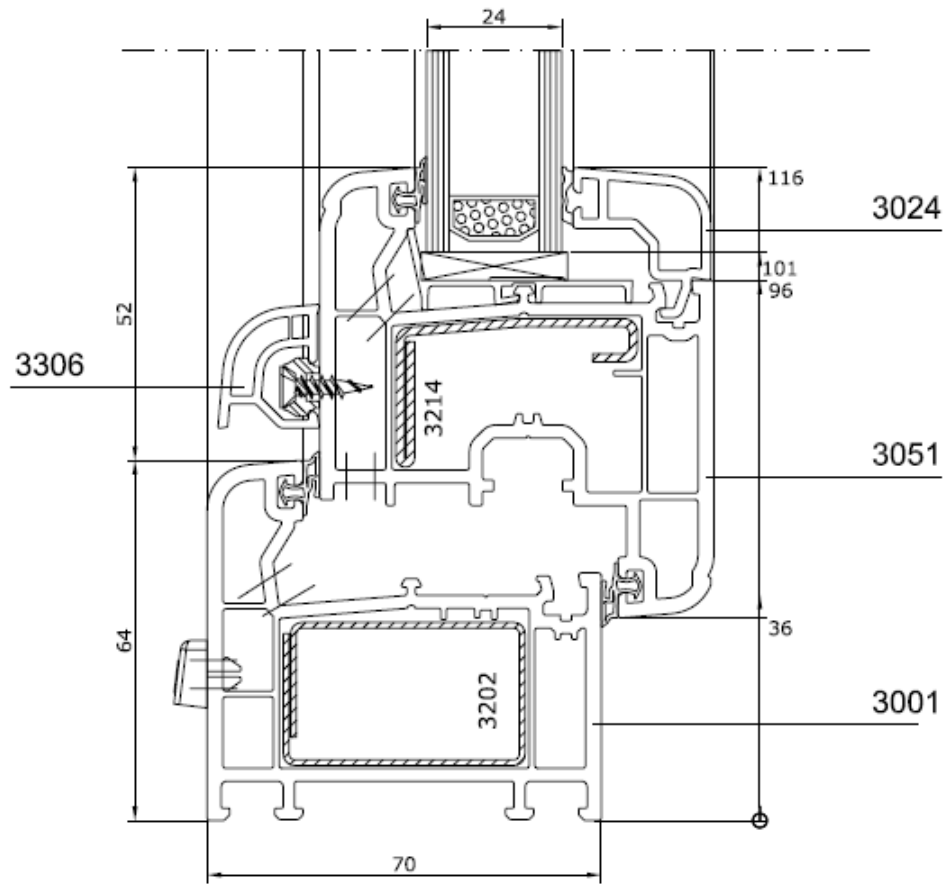
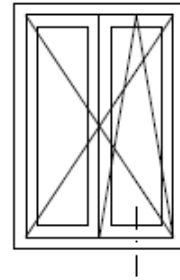
Na Tabela 12 é apresentado algumas propriedades do PVC:

Tabela 12 – Propriedades do PVC (Wikipedia, 2009).

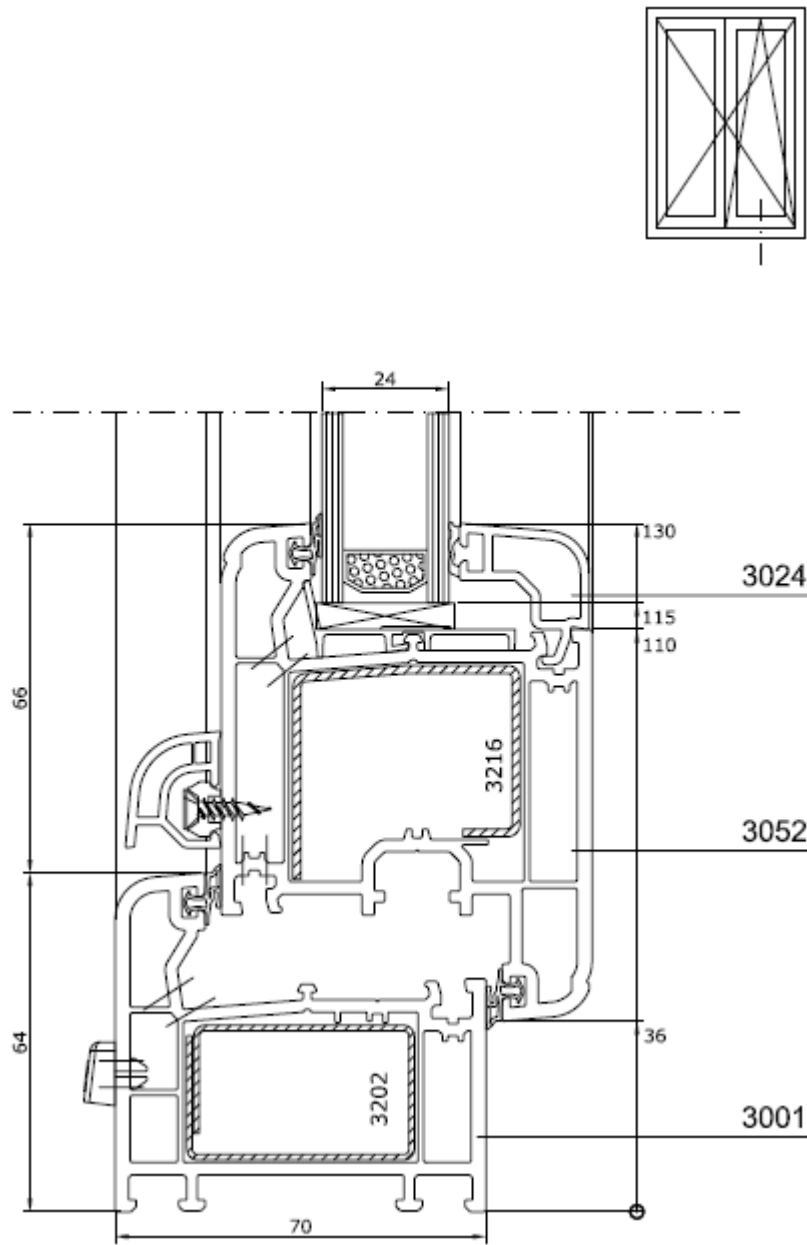
Propriedades	
Densidade [kg/m ³]	1390
Módulo de Young (E) [MPa]	2900-3300
Tensão de cedência [MPa]	50-80
Temperatura Vitrea [°C]	82
Temperatura de fusão [°C]	100-260
Coefficiente de transferência de calor [W/m.K]	0,16
Preço €/kg	0.5-1.25

ANEXO B: Desenhos de Conjunto de Janelas

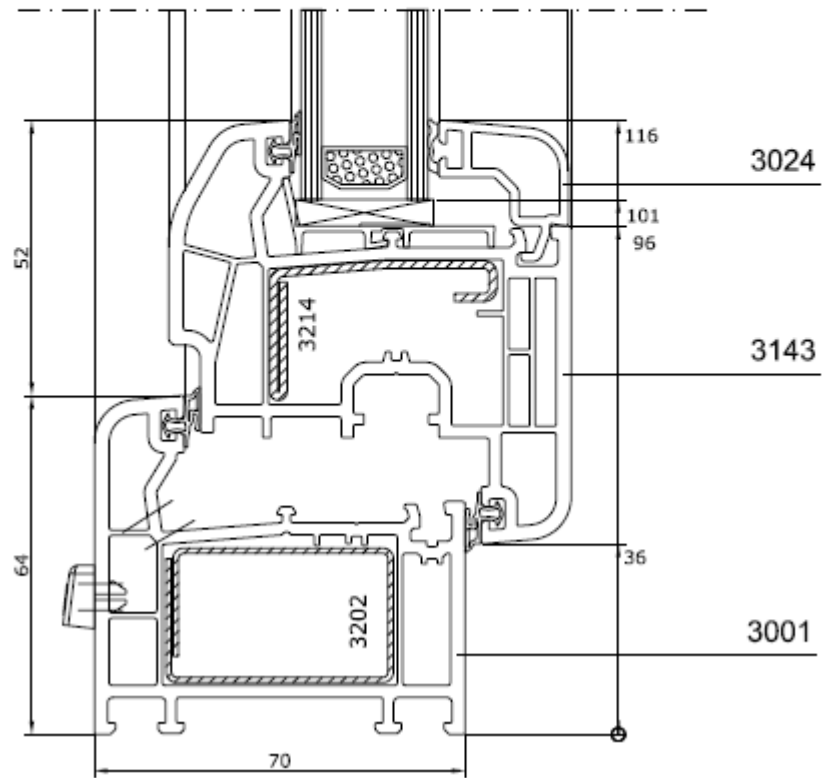
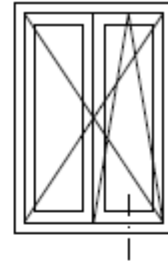
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó infeior – Aro 3001 + Folha 3051:



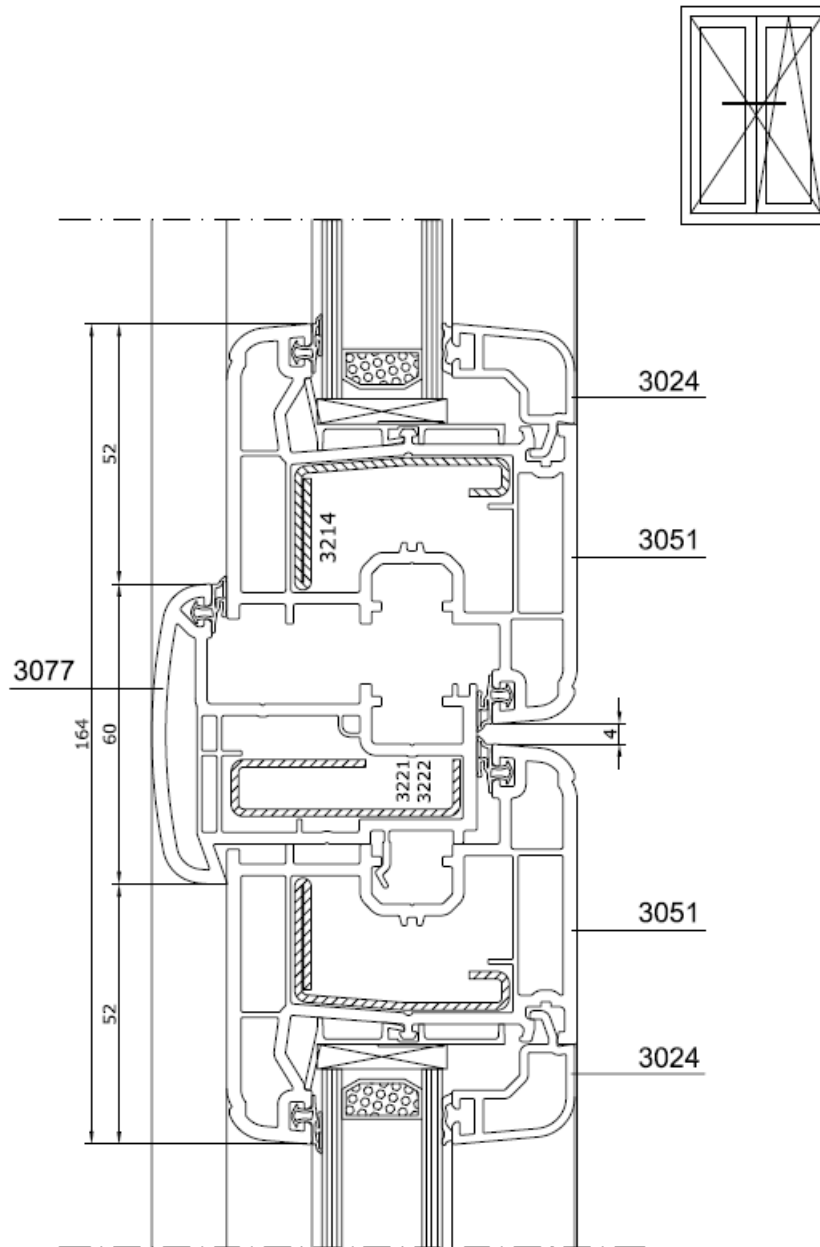
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó inferior – Aro 3001 + Folha 3052:



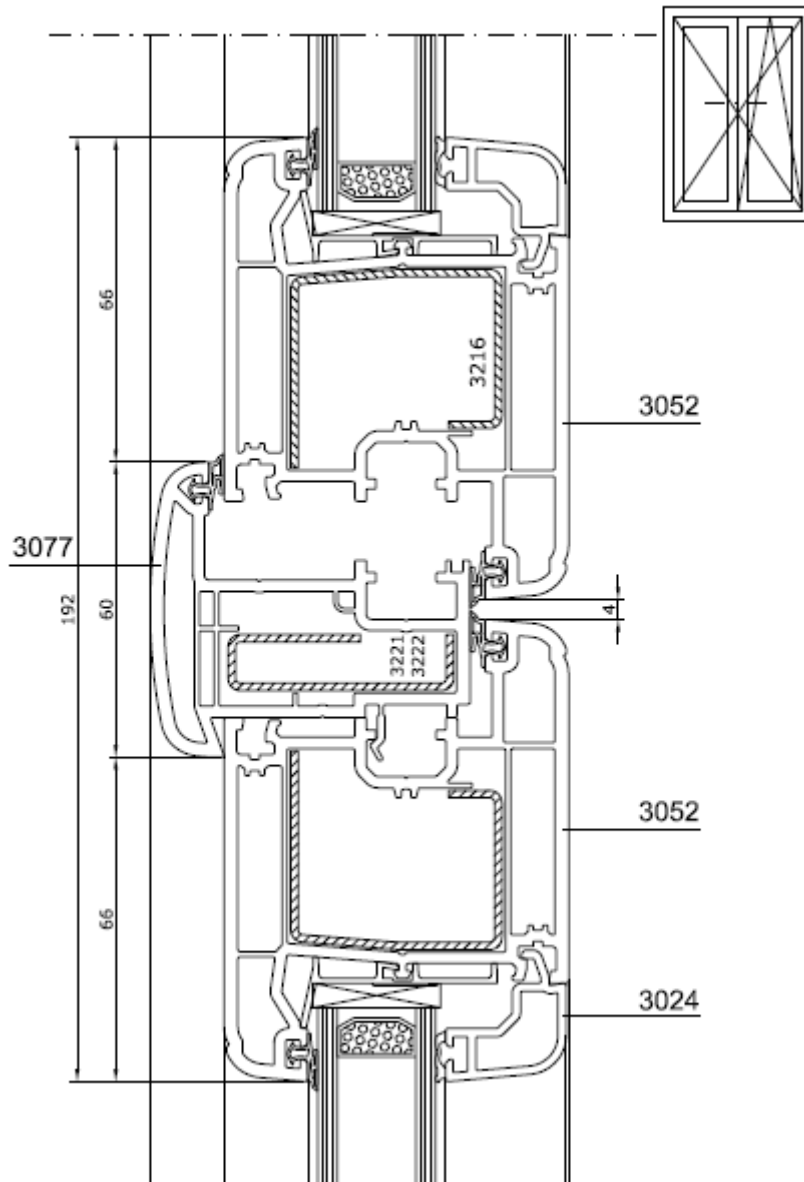
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó infeior – Aro 3001 + Folha 3143):



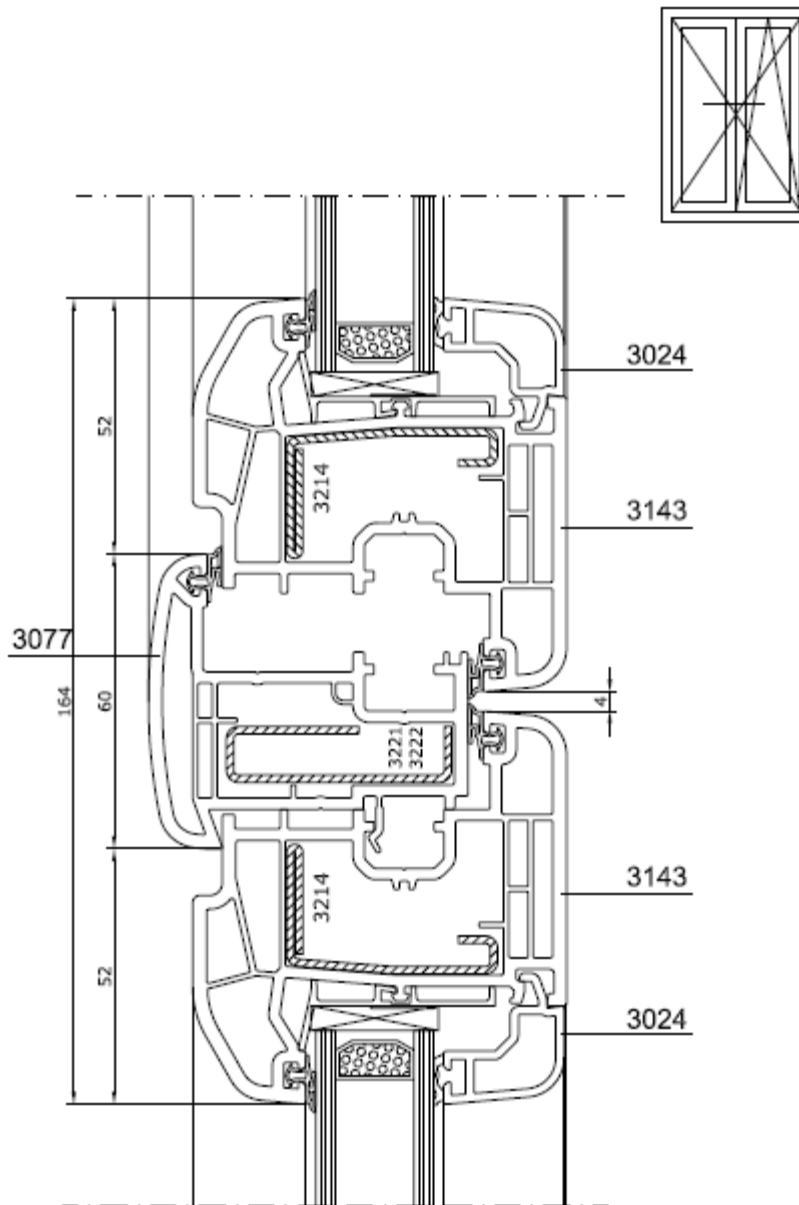
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó central – Batente 3077 + Folha 3051):



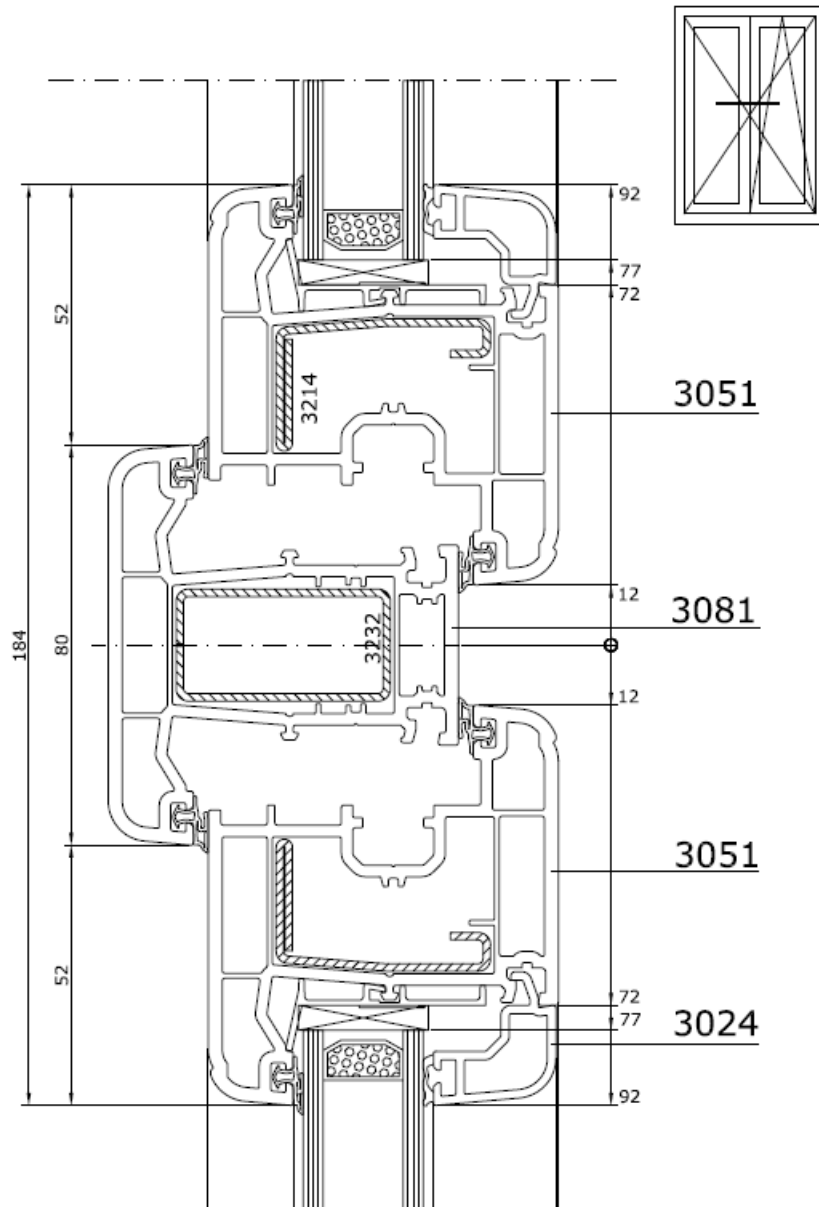
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó central – Batente 3077 + Folha 3052):



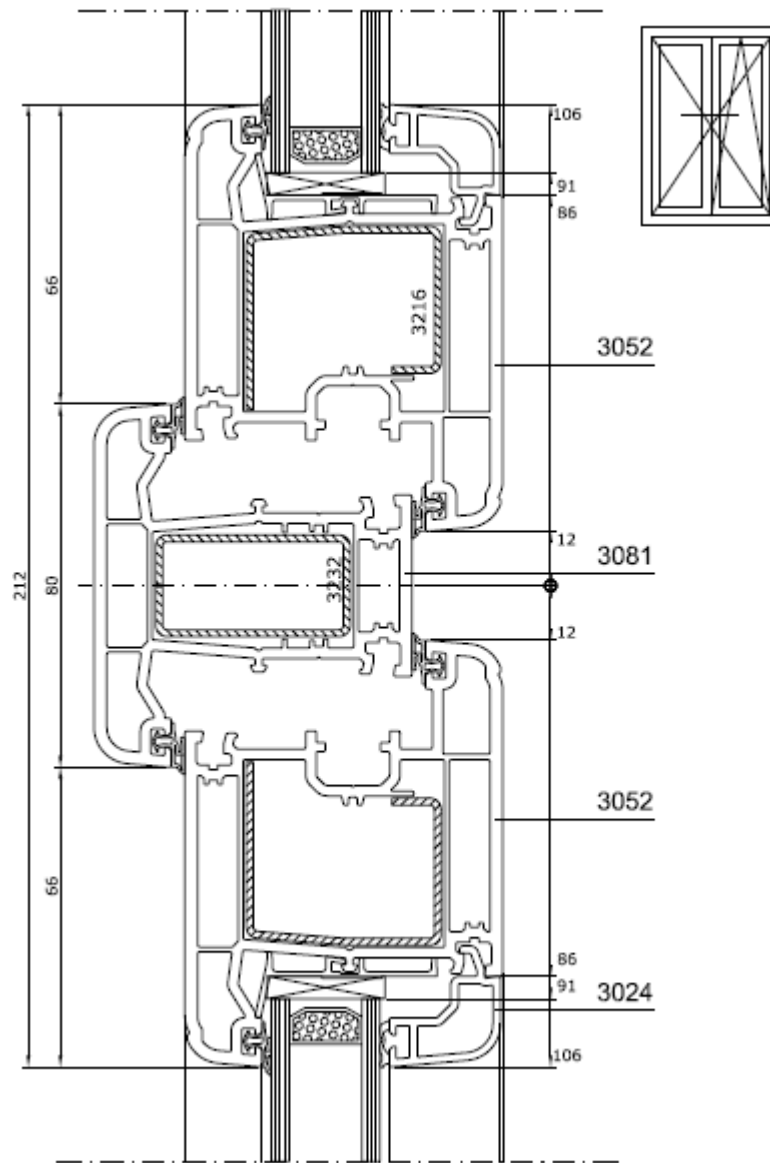
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó central – Batente 3077 + Folha 3143):



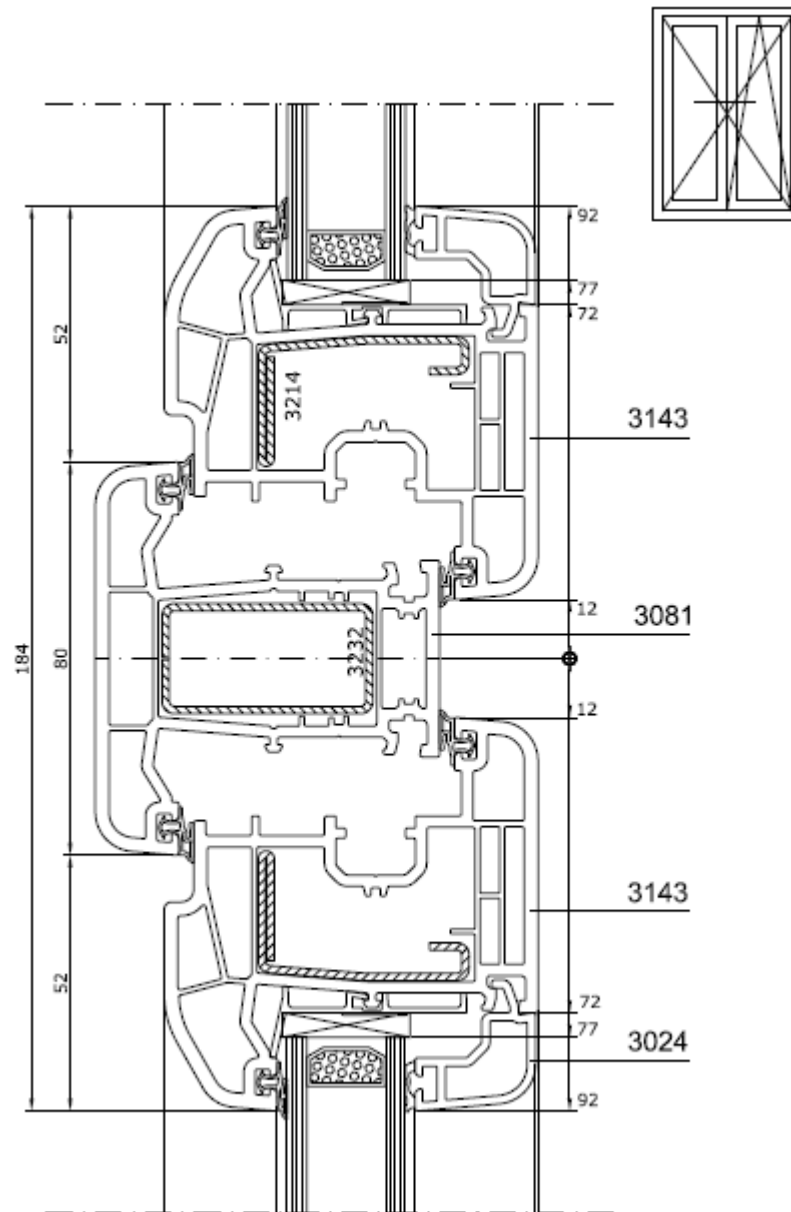
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó central – Travessa fixa 3081 + Folha 3051):



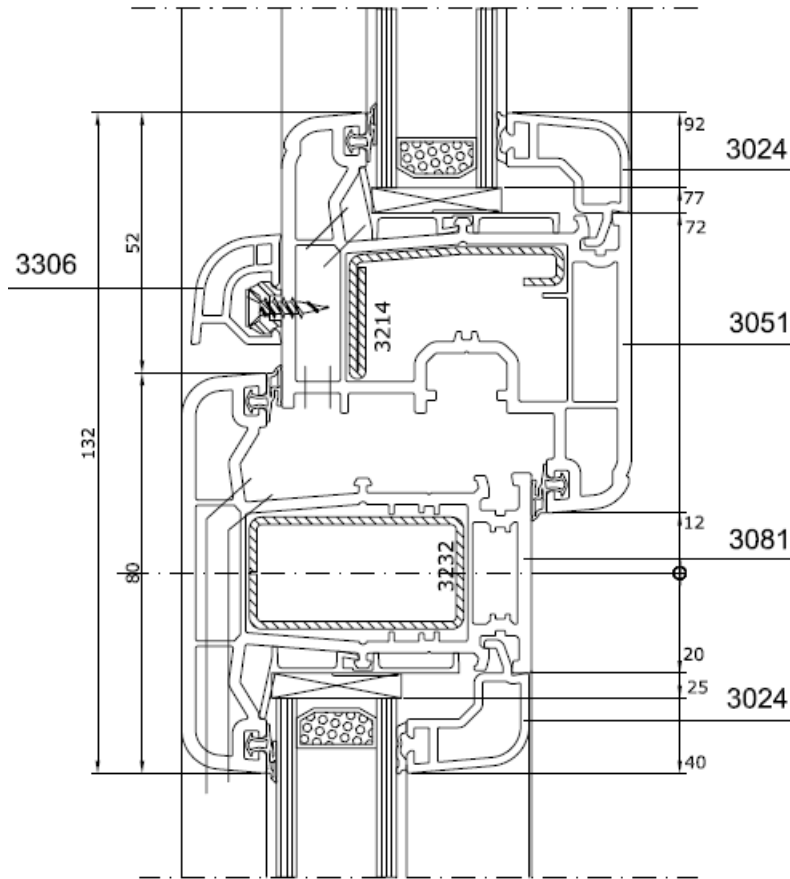
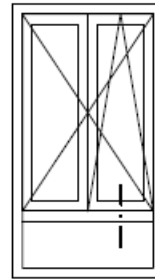
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó central – Travessa fixa 3081 + Folha 3052):



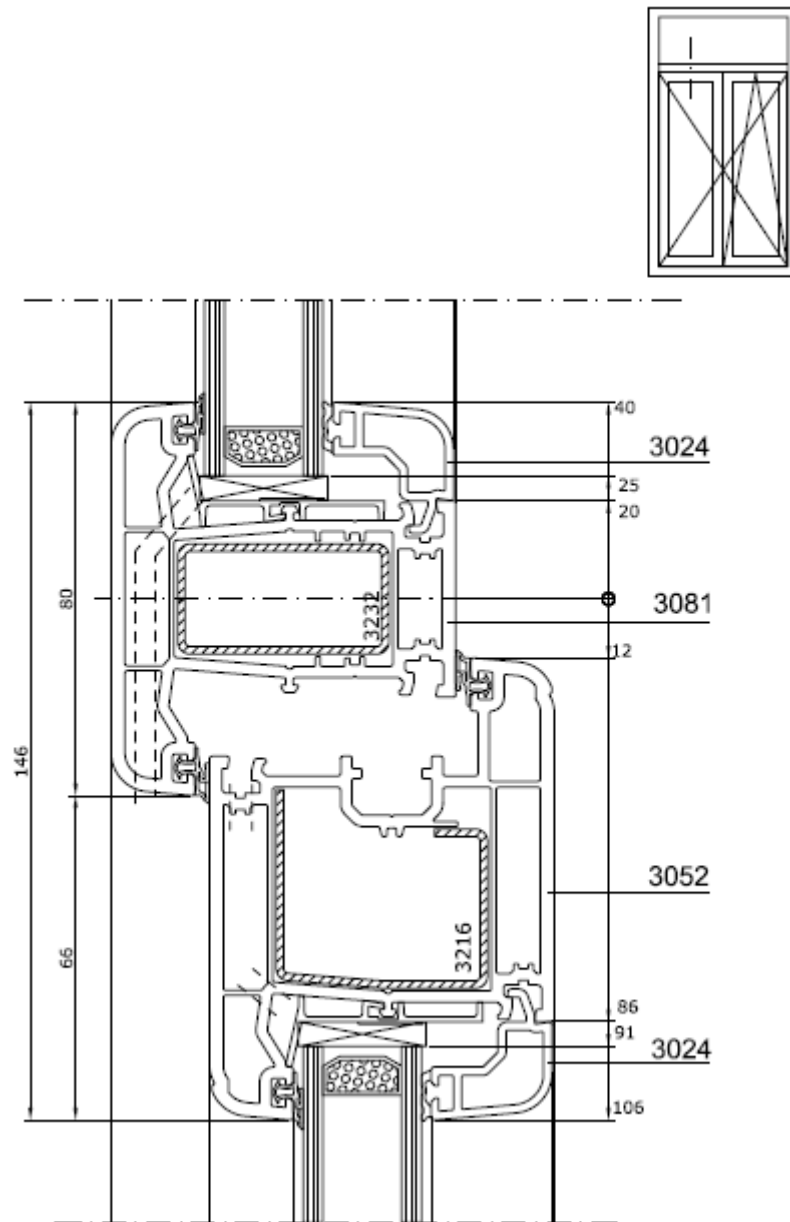
Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó central – Travessa fixa 3081 + Folha 3143):



Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó intermédio – Travessa 3081 + Folha 3051):



Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó intermédio – Travessa 3081 + Folha 3052):



Sistema Batente – Série 70 (Pormenor nó intermédio – Travessa 3081 + Folha 3143):

