

UNESP
Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá
2009

HUGO HAMANAKA RIBEIRO

**MELHORIAS NA LINHA DE PLANIFICADORA CONTÍNUA COM
USO DE TRANSPORTE POR SUCCÃO E ENROLADOR DE
REFILES**

Trabalho de graduação apresentado
ao Conselho de Curso de Graduação
em Engenharia Mecânica da
Faculdade de Engenharia do
Campus de Guaratinguetá,
Universidade Estadual Paulista
como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Graduação
em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Pedro Peres.

Guaratinguetá
2009

R484m Hamanaka, Ribeiro, Hugo
Melhorias na linha de planificadora contínua com uso de transporte por
sucção e enrolador de refis / Hugo Hamanaka Ribeiro –
Guaratinguetá : [s.n], 2010.
69 f : il.

Bibliografia: f. 68

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

1. Engenharia mecânica – Projetos 2. Laminação I. Título

CDU 62.001.63

**MELHORIAS NA LINHA DE PLANIFICADORA CONTÍNUA COM USO DE
TRANSPORTE POR SUÇÃO E ENROLADOR DE REFILES.**

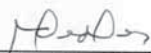
HUGO HAMANAKA RIBEIRO

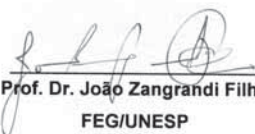
ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DO REQUISITO PARA A
OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE **GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA DE MECÂNICA

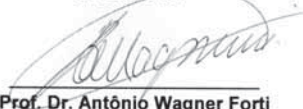
Prof. Dr. Mauro Pedro Peres

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Mauro Pedro Peres
FEG/UNESP


Prof. Dr. João Zangrandi Filho
FEG/UNESP

Prof. Dr. João Alberto de Oliveira
FEG/UNESP


Prof. Dr. Antônio Wagner Forti
FEG/UNESP

Dezembro de 2009

✉ Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333

☎ (012) 3123.2813

Cx. Postal 205

☎ (012) 3123.2868

CEP 12500-000

Guaratinguetá-SP BRASIL

✉ dta@feg.unesp.br

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha mãe Isabel M. Hamanaka Ribeiro que mesmo com todas as dificuldades nos educou, nos guiou e proporcionou, a mim e meus irmãos, a possibilidade de cursar uma das melhores faculdades do país. Uma verdadeira guerreira.

Ao meu irmão Eng. Leandro Hamanaka Ribeiro, quem sempre me manteve na linha durante a faculdade, ou ao menos tentava. Meu espelho para o futuro.

Agradeço também aos meus grandes amigos da República Adegá – Inferninho, minha segunda família, companheiros para todas as batalhas e que sempre me apoiaram e deram o suporte para esses anos de faculdade.

Por fim aos professores na FEG, que nos passaram todo o ensinamento e nos transformaram em verdadeiros engenheiros, em especial o Sr. Prof. Dr. Mauro Pedro Peres, que me orientou nessa etapa final.

“o mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer”

Albert Einstein

SUMÁRIO

“o mundo é um lugar perigoso de se viver, não por causa daqueles que fazem o mal, mas sim por causa daqueles que observam e deixam o mal acontecer”.....	5
Albert Einstein.....	5
RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVO.....	15
3 JUSTIFICATIVAS, CENÁRIO E CONTEXTO.....	16
4 O ALUMÍNIO.....	18
4.1 INTRODUÇÃO.....	18
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	19
4.3 APLICAÇÕES E MERCADO.....	22
4.4 OBTENÇÃO DO ALUMÍNIO PRIMÁRIO.....	24
4.5 REFUSÃO E PREPARAÇÃO DE PLACAS.....	25
4.6 LAMINAÇÃO A QUENTE.....	26
4.7 LAMINAÇÃO A FRIO.....	27
4.8 ACABAMENTOS E CORTES.....	28
4.8.1 Processo de refilamento.....	28
4.8.2 Processo de planificação.....	28
4.8.3 Processos de estampagem e corte.....	28
4.8.4 Processos de embalagem.....	29
4.9 RECICLAGEM DO ALUMÍNIO NO BRASIL.....	30
4.9.1 Ciclo da “Latinha”	33

5 PLANIFICADORA CONTÍNUA.....	34
5.1 EQUIPAMENTOS.....	36
5.1.1 Magazine de entrada de espulas.....	36
5.1.2 Carro de bobina de entrada.....	36
5.1.3 Carretel de descarga.....	37
5.1.4 Rolos de Alavanca e de Aplainador.....	38
5.1.5 Rolos de Alimentação, Cortador de Entrada e Guia Lateral.....	38
5.1.6 Cortador Lateral.....	40
5.1.7 Guia, Picotador e Reservatório de Refiles.....	40
5.1.8 “Strip Joiner”.....	41
5.1.9 Solvent Cleaner.....	42
5.1.10 Bridle de Entrada e Saída da Planificadora.....	42
5.1.11 Mesa de inspeção e raios-X.....	42
5.1.12 Carretel de rebobinar e cinta tracionadora.....	43
5.1.13 Planificadora de tensões.....	44
6 PROJETO.....	46
46	
6.1 DADOS ANTES DA IMPLANTAÇÃO.....	46
6.2 PREVISÃO APÓS A IMPLANTAÇÃO.....	48
6.3 VIABILIDADE ECONÔMICA	48
6.3.1 Empresas Contratadas.....	49
6.3.2 Descritivo Financeiro.....	50
6.4 VIABILIDADE TECNOLÓGICA : ESPECIFICAÇÕES	52
6.4.1 Geral.....	52
6.4.2 Sistema de Sucção de Refile.....	53

6.4.3Enrolador de Refiles.....	54
6.5 ESTUDO DE LAY OUT.....	56
6.6 DESENHOS DE PROJETO.....	57
7 DADOS ANTES E APÓS A IMPLANTAÇÃO.....	64
7.1 DADOS DA PRODUÇÃO ANTES DA IMPLANTAÇÃO	64
7.2 DADOS DA PRODUÇÃO APÓS A IMPLANTAÇÃO.	67
8 CONCLUSÕES.....	69
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

Ribeiro, H. H. **Melhorias na Linha de Planificadora Contínua com o Uso de Transporte por Sucção e Enrolador de Refiles**. 2009. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdades de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Guaratinguetá, 2008.

RESUMO

Com o mercado cada vez mais disputado e negociações onde o cliente é o fator principal e quem decide se a empresa tem ou não condições de entrar na disputa, as empresas têm que buscar melhorias nos produtos e processos visando baixar custos e melhorar qualidade. Com isso em mente, este trabalho irá estudar a situação atual de uma linha de planificadora contínua, processo pós-laminação a frio, para chapas de alumínio, e buscar novas tecnologias, mais precisamente enroladores de refiles, o que aumentará a qualidade e produtividade na linha.

Serão analisadas as justificativas para essas novas tecnologias, o histórico, os conceitos envolvidos, o funcionamento, os materiais a serem planificados, os avanços e limitações e viabilidade técnica e econômica em comparação com o sistema atual.

Será feito também um breve estudo sobre a produção de chapas de alumínio no Brasil, em especial com destino as latas de alumínio para bebidas, e a reciclagem, processo bastante forte no país que é líder mundial.

PALAVRAS-CHAVE: planificadora contínua, alumínio, enrolador de refiles, viabilidade técnica e econômica, latas de alumínio, reciclagem.

Ribeiro, H. H. **Improvements in the line of Tension Leveller by using Suction as Transportation and Scrap Baller Machine.** 2009. Graduation Work (Mechanical Engineering Graduation) – Engineering College of Guaratinguetá. Paulista State University, UNESP, Guaratinguetá, 2008.

ABSTRACT

With the market more and more disputed and negotiations where the customer is the main factor who decides whether the companies have conditions or not to dispute the market, industries must search improvements in products and processes targeting lower costs and better quality. With that in mind, this work will study the actual situation of a line of Tension Leveler, after cold mill process, for aluminum coil, and search new technologies, precisely the Scrap Baller machine, which will raise the quality level and the line's productivity.

It will be analyzed the justifications (reasons) for these new technologies, the history, the involved concepts, the operation, functions, the material that will be tension leveled, the limitations and tech and economic viability in comparison with the actual system.

Also it will be taken a brief about the aluminum coil production in Brazil, especially the ones which destiny is aluminum beverage can, and the recycling process, that is very well done in Brazil, worldwide leader in aluminum recycling.

KEY-WORDS: tension leveler, aluminum, scrap baller, tech and economic viability, aluminum can, recycling process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Exemplos de aplicação do alumínio.....	23
Figura 4.2 - Ciclo básico da produção de alumina.....	25
Figura 4.3 - Lingotes de alumínio primário.....	25
Figura 4.4 - Processo de laminação esquemático 1.....	29
Figura 4.5 - Processo de laminação esquemático 2.....	30
Figura 4.6 - Evolução do índice de reciclagem no Brasil de alguns materiais.....	32
Figura 4.7 – Evolução no índice de reciclagem de latas de alumínio no mundo.....	32
Figura 4.8 - Ciclo da “latinha”.....	34
Figura 5.1 - Distribuição das tensões internas e situação após o corte.....	35
Figura 5.2 - Representação esquemática de um processo de planificação.....	35
Figura 5.3 - Magazine de entrada e Carro de bobina de entrada.....	37
Figura 5.4 - Carretel de descarga com braço hidráulico.....	38
Figura 5.5 - Cortador de entrada e início da mesa guia.....	39
Figura 5.6 - Rolos de alimentação de saída.....	40
Figura 5.7 - Cortador lateral (detalhe das facas rotativas) e guia do refile.....	40
Figura 5.8 - Detalhe do picotador de refiles e Saída da esteira do reservatório de refiles. ..	41
Figura 5.9 - Strip Joiner.....	42
Figura 5.10 - Mesa de inspeção da PC.....	43
Figura 5.11 - Mesa de inspeção externa e detalhes da inspeção das chapas.....	43
Figura 5.12 - Detalhe do Belt Wrapper “abraçando” o cilindro.....	44
Figura 5.13 – Planificador de Tensões.....	45
Figura 5.14 – Simulação das tensões de tração (azul) e compressão (vermelho).....	45
Figura 6.1 - Ilustração do projeto final.....	46
Figura 6.2 - Separador ar/material (esquerda) e motor de sucção (dir).....	54
Figura 6.3 - Exemplo de enrolador de refiles em funcionamento (esq) e instalação do enrolador de refiles da PC (dir).....	55
Figura 6.4 - Controlador do enrolador de refiles (esq) e motor de acionamento (dir).....	55
Figura 6.5 – Tubulação de sucção de refile.....	59

Figura 6.6 – Sistema de tubulação de sucção de refiles.....	60
Figura 6.7 – Sistema se sucção e direcionamento de refiles.....	61
Figura 6.8 – Representação esquemática do sistema de tubulação de sucção.....	62
Figura 6.9 – Representação geral do sistema de tubulação de sucção de refiles.....	64
Figura 7.1 - Produção da PC em 2008.....	65
Figura 7.2 - Produção específica 2008.....	66
Figura 7.3 - Percentual de Produção 2008.....	66
Figura 7.4 - Percentual de produção referente a Janeiro de 2009.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Propriedades mecânicas de algumas ligas de alumínio.....	21
Tabela 6.1 - Propriedades mecânicas do CES e TAB.....	46
Tabela 6.2 - Parâmetros Operacionais da PC para o CES e TAB.....	47
Tabela 6.3 - Parâmetros Operacionais da PC para IP.....	47
54	
Tabela 7.1 - Produção da PC em 2008.....	64
Tabela 7.2 - Produção específica de 2008.....	65
Tabela 7.3 - Produção específica em Janeiro de 2008 e 2009.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL – Associação brasileira do alumínio

MRN – Mineração Rio do Norte

IACS – International Annealed Cooper Standard

PC – Planificadora contínua.

CES – Can End Stock – Tampa da lata.

CBS – Can Body Stock – Corpo da lata.

TAB – Anel da lata.

CM – Cold Mill – Laminação a frio (LF).

LQ – Laminação a quente.

IP – Industrial Product – Especificação de produtos diversos para a indústria.

EPI – Equipamento de proteção individual.

CC – Corrente contínua.

CA – Corrente alternada.

HB – Dureza Brinnell.

dBA – Decibéis – unidade de intensidade sonora.

Hz – Hertz – Unidade de frequência.

1 INTRODUÇÃO

Maior produtividade e rentabilidade é o que todo sistema deve apresentar e é o que buscamos nesse trabalho. Dessa forma, a busca pelos “gargalos” da produção e implantação de novos projetos de modo aumentar a produtividade e rentabilidade é um processo necessário e indispensável e muitas vezes a um investimento baixo, partindo apenas de uma boa idéia e aplicação de engenharia.

Para isso é necessário o total conhecimento do equipamento e análise dos produtos, processos, disponibilidade econômica e tecnológica e por fim a decisão da implantação, analisando principalmente o investimento inicial e pay back. Esses passos serão mostrados nesse estudo, bem como os resultados após a implantação.

O projeto em questão é uma mudança no sistema descarte de refis de uma linha de planificação contínua de laminados de alumínio, com a implantação de um sistema de sucção de refis e instalação de um rebobinador de refis o que irá aumentar a produtividade da linha atendendo a novos clientes e melhorando o tempo de entrega dos produtos, além de melhorar a qualidade e segurança dos trabalhadores no setor.

O estudo baseia-se na análise de viabilidade econômica e técnica e atribuição de especificações necessária para os equipamentos a serem instalados, bem como definição de lay outs e estudo dos produtos. Os cálculos de construção de equipamentos são de responsabilidade das empresas fornecedoras desses equipamentos, como é o caso do sistema de sucção e do enrolador de refis. Dessa forma esses cálculos não serão apresentados nesse trabalho.

2 OBJETIVO

Pretende-se, através da presente monografia, estudar a implantação de um novo sistema de descarte de refis em uma linha de planificadora contínua de chapas de alumínio, de modo a aumentar sua capacidade de produção e qualidade dos produtos, lavando em conta aspectos tecnológicos e econômicos justificando a viabilidade do projeto.

Faz parte deste estudo:

- Descrição da produção de chapas de alumínio desde o minério bruto até sua forma final (comercial).
- Estudo do sistema de planificadora contínua, em particular o sistema de descarte de refis avaliando um novo sistema de enrolador de refis.
- Viabilidade tecnológica e econômica do projeto.
- Levantamento dos dados atuais em confronto com os dados após a implantação,

3 JUSTIFICATIVAS, CENÁRIO E CONTEXTO

Constituída em 2005 a Novelis é uma empresa multinacional, orientada para o mercado e líder global em laminados de alumínio por receita, volume de produção e participação no mercado. Sediada em Atlanta, Estados Unidos, a empresa mantém por meio de suas subsidiárias e associadas localizadas na Ásia, Europa, América do Norte e América do Sul atividades de mineração de bauxita, refinação de alumina, geração de energia, produção de alumínio primário, laminação de alumínio e reciclagem, assim como pesquisa e tecnologia. Com uma sólida posição nos mercados automotivos, de latas para bebidas, de folhas, industrial, chapas pintadas e para litografia, a Novelis desenvolve uma combinação única de força competitiva, e está posicionada para atender e superar as necessidades de seus clientes com soluções e serviços inovadores.

Em 2007 a Novelis se tornou parte da Hindalco Industries Limited, o maior produtor integrado de alumínio e líder na produção de cobre na Ásia. Com sede em Mumbai, na Índia, a Hindalco é a principal companhia do grupo indiano Aditya Birla, um conglomerado de US\$ 24 bilhões e valor de mercado superior a US\$ 28 bilhões. Após a aquisição da Novelis, a Hindalco Industries passou a investir pesado na expansão das fabricas aqui no Brasil, principalmente na planta de Pindamonhangaba, maior produtor de alumínio do grupo no Brasil. Esses investimentos estão associados a estudos de novas tecnologias, pesquisa e desenvolvimento, troca de equipamentos, expansão das linhas e implantação de novas caldeiras, laminadores, etc, para maior capacidade de produção.

Com o cenário e contexto em mente, vamos às justificativas do projeto e a principal delas é o aumento da produção, principal meta para os próximos anos da Novelis do Brasil Ltda. Com a implantação desse projeto, a capacidade de produção de CES (Can End Stock) aumentará para 13,6 ton/hora o que aumentará a

disponibilidade do equipamento para produção de produtos com maior valor agregado, como os produtos de IP, em torno de 685 horas/ano.

Outro detalhe é a questão de segurança. Com a implantação do projeto o número de empilhadeiras dentro do galpão será reduzindo a quase zero o que trará maior segurança aos funcionários. Sem as empilhadeiras diminuirá também a questão de ruídos diminuindo os riscos de perda auditiva nos funcionários.

4 O ALUMÍNIO

4.1 INTRODUÇÃO

O alumínio, apesar de ser o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é o metal mais jovem usado em escala industrial. Mesmo utilizado há milênios antes de Cristo, o alumínio começou a ser produzido comercialmente há cerca de 150 anos. Sua produção atual supera a soma de todos os outros metais não ferrosos. Esses dados já mostram a importância do alumínio para a nossa sociedade. Antes de ser descoberto como metal isolado, o alumínio acompanhou a evolução das civilizações. Sua [cronologia](#) mostra que, mesmo nas civilizações mais antigas, o metal dava um tom de modernidade e sofisticação aos mais diferentes artefatos.

Hoje, os Estados Unidos e o Canadá são os maiores produtores mundiais de alumínio. Entretanto, nenhum deles possui jazida de bauxita em seu território, dependendo exclusivamente da importação. O Brasil tem a terceira maior reserva do minério no mundo, localizada na região amazônica, perdendo apenas para Austrália e Guiné. Além da Amazônia, o alumínio pode ser encontrado no sudeste do Brasil, na região de Poços de Caldas (MG) e Cataguases (MG). A bauxita é o minério mais importante para a produção de alumínio, contendo de 35% a 55% de óxido de alumínio.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Uma excepcional combinação de propriedades faz do alumínio um dos mais versáteis materiais utilizados na engenharia e em construções. É impressionante a análise de suas características. Baixo peso específico, embora algumas de suas ligas possuam resistência superior a do aço estrutural. Alta resistência a corrosão sob a maioria de condições de trabalho e formação de sais incolores na superfície. Sem

manchar ou descolorir produtos com os quais está em contato, tais como: tecidos na indústria têxtil e soluções na indústria química. Não produz reação tóxica. Possui boa condutibilidade térmica e elétrica e alta refletividade, tanto para calor como para luz. Pode ser facilmente trabalhado em qualquer forma e aceita uma grande variedade de acabamento superficial.

O alumínio comercialmente puro tem uma resistência à tração média de 90MPa. Sua utilização nessa condição como metal estrutural é limitada. No entanto vários tratamentos podem elevar essa resistência. Através de deformação do metal, por exemplo, laminação a frio, sua resistência pode dobrar. Pequenas adições de metais como elementos de liga, por exemplo: manganês, silício, cobre, magnésio, zinco, etc. também aumentam consideravelmente a resistência do metal, entre outras características. Algumas ligas ainda podem representar aumento de resistência através de tratamentos térmicos. Com isso, hoje temos ligas que podem chegar a até 700MPa de resistência à tração.

Outras características são:

- Alta resistência a temperaturas abaixo de zero sem perder ductibilidade.
- Elevada resistência a corrosão
- Possui características não tóxicas possibilitando seu uso na indústria alimentícia.
- Elevada condutibilidade térmica e elétrica
- Elevada refletividade a luz e calor.

A facilidade pela qual o alumínio pode ser fabricado em várias formas é uma de suas mais importantes vantagens. Isso o torna competitivo com materiais mais baratos, pois necessita de menor grau de trabalhabilidade. O metal pode ser fundido por qualquer método conhecido, laminado em qualquer espessura até folhas mais finas que papel, suas chapas podem ser estampadas, cunhadas, repuxadas e

corrugadas. O metal pode ser forjado ou impactado. Trefilado a partir de vergalhões redondos formando arames utilizados em cabos condutores. Praticamente, não há limitação para as diversas formas em que o metal pode ser extrudado. Praticamente, todos os métodos de união são aplicáveis ao alumínio, tais como: rebitagem, soldagem, brazagem e colagem. Uma grande variedade de junções mecânicas do alumínio simplifica a montagem de muitos produtos. Adesivos para colar peças são largamente empregados, particularmente em uniões de componentes aeronáuticos.

Para a maioria das aplicações o alumínio não necessita de revestimentos protetivos. Acabamentos mecânicos como polimento, jateamento com areia ou escovamento satisfazem a maioria das necessidades. Em muitos casos a superfície fornecida acabada já é adequada, dispensando tratamentos posteriores. Onde a superfície pura do alumínio não é adequada, ou proteção adicional é requerida, qualquer um da grande variedade de acabamentos superficiais poderá ser aplicado. Acabamentos químicos, eletroquímicos ou pintados são utilizados. A chapa de alumínio, devido a sua superior resistência a corrosão e superfície regular contínua, é uma excelente base para pinturas de alta qualidade usadas na produção de chapas pintadas.

A tabela 4.1 apresenta as principais ligas utilizadas na Novelis do Brasil e algumas de suas características mecânicas.

Tabela 4.1 – Propriedades mecânicas de algumas ligas de alumínio.

ASTM		Resistência a tração [MPa]		Resist. escoamento [MPa]	Alongamento Mínimo [%]	Dureza Brinell [HB]
Liga	Tempera	Mínimo	Máximo			500/10
1050	---	55	95	15	30	20
	H12	80	115	60	8	23
	H14	95	130	70	5	26
	H16	110	145	75	4	30
1100 1200	---	75	105	25	30	23
	H12	95	130	75	8	28
	H14	110	145	95	5	32
	H16	130	165	115	4	38
3003	---	95	130	35	25	28
	H12	120	160	85	6	35
	H14	140	180	115	5	40
	H16	165	205	145	4	47
3004 3104	---	150	200	60	18	45
	H12	190	240	145	5	52
	H14	220	265	170	4	63
	H16	240	285	190	4	70
3105	---	95	145	35	20	28
	H12	130	180	105	--	35
	H14	150	200	125	2	40
	H16	170	220	145	2	47
5052	---	170	215	65	19	47
	H32	215	265	160	7	60
	H34	235	285	180	6	68
	H36	255	305	200	4	73
	H38	270	---	220	4	77

4.3 APLICAÇÕES E MERCADO

Aplicações do alumínio:

- Perfis Extrudados: esquadrias, forros, divisórias, elementos decorativos de acabamento
- Chapas e laminados: latas, pisos e carrocerias de ônibus e caminhões, telhas e fachadas.
- Fios e cabos: linhas de transmissão de energia, redes de alta tensão, aplicações industriais, comerciais e residenciais.
- Pasta e pó: produtos químicos e farmacêuticos tais como tintas, desoxidante em siderúrgicas, explosivo para mineração, tratamento de água para piscinas (sulfato de alumínio) e medicamentos antiácidos.
- Alumina especiais: refratários, revestimentos cerâmicos, abrasivos, vidros, porcelanas, isoladores elétricos, pastilhas de freio, etc.



Figura 4.1 - Exemplos de aplicação do alumínio.

Principais mercados.

Os principais setores que consomem alumínio, os produtos derivados e suas aplicações são:

- Bens de consumo: artefatos domésticos, painéis. Uma das primeiras aplicações do alumínio na indústria e ainda hoje mantém a liderança no mercado, apesar das suspeitas de contaminação pela ingestão do alumínio.
- Transportes: o alumínio vem crescendo muito mundialmente neste segmento devido aos benefícios que oferece na concepção de projetos e na fabricação de produtos tais como vagões, carrocerias de caminhões e ônibus, tanques rodoviários. Isso devido ao baixo peso específico, o que reduz o peso dos veículos diminuindo consumo de combustível e conseqüentemente a emissão de poluentes.
- Construção civil: revestimentos internos e externos, esquadrias, caixilhos em diversas cores, telhas, forros e em detalhes das concepções arquitetônicas.
- Embalagens: produtos farmacêuticos, de higiene, limpeza, produtos alimentícios e bebidas. Utilizado também para descartáveis nos segmentos industrial, institucional e doméstico.

4.4 OBTENÇÃO DO ALUMÍNIO PRIMÁRIO

O caminho do alumínio desde o minério na natureza até as indústrias formando seus produtos finais é formado por varias etapas:

- Alumínio primário.
- Refusão e preparação de placas.
- Laminação a quente.
- Laminação a frio.
- Acabamentos, refilação e cortes.
- Produtos finais e reciclagem.

A figura 4.2 mostra o circuito básico da produção da alumina desde a entrada do minério até a saída final destacando as principais fases: moagem, digestão, filtragem/evaporação, precipitação e calcinação.

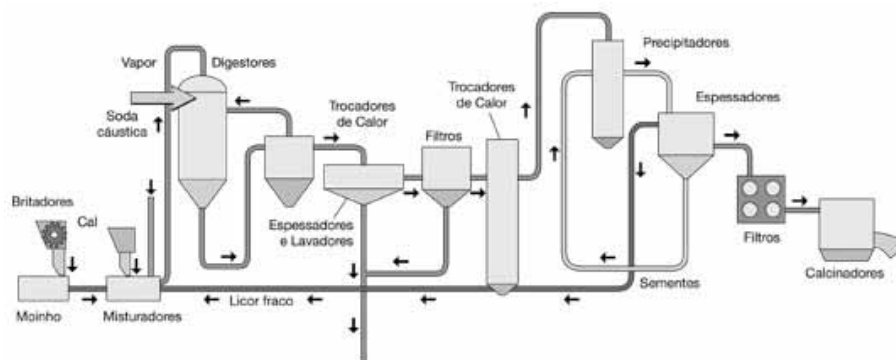


Figura 4.2 - Ciclo básico da produção de alumina..



Figura 4.3 - Lingotes de alumínio primário

4.5 REFUSÃO E PREPARAÇÃO DE PLACAS

A partir de agora estamos nas indústrias de laminação do alumínio. A primeira etapa é a refusão onde são colocados os lingotes tanto de alumínio primário como de alumínio reciclado e os elementos de liga. Depois o alumínio líquido é colocado em cadinhos e em formas para a produção de placas, por meio de fundição semicontínua que assegura a solidificação rápida e composição metalúrgica homogênea. Essas placas são faceadas para eliminar as imperfeições, pré-aquecidas até tornar-se semiplásticas e transportadas para a laminação a quente onde serão laminadas até espessuras de 3 [mm].

4.6 LAMINAÇÃO A QUENTE

Processo onde se consegue grandes reduções da secção transversal com o metal a uma temperatura mínima de recristalização do alumínio (aproximadamente 350 °C). Nesse nível de temperatura sua ductilidade é máxima ocorrendo a

recristalização dinâmica na deformação plástica. Resumindo, o material se deforma muito sem que haja o efeito de encruamento, o que poderia causar a quebra da chapa ou trazer características ruins ao material.

Na laminação a quente, a matéria-prima, placa, proveniente da refusão, pode atingir até 600 mm de espessura, 3000 mm de largura e até 5000 mm de comprimento chegando a pesar até 25ton. Essa placa se reduzirá a uma chapa de até 5 mm de espessura formando uma bobina ainda com acabamento ruim.

A laminação a quente se processa em laminadores reversíveis duos (dois cilindros) ou quádrus (quatro – dois de apoio e dois de trabalho). O material laminado é deslocado, a cada passada, por entre dois cilindros de trabalho, que reduz sua espessura e diminui a cada nova passada. A cada passe a espessura se reduz de cerca de 50 % dependendo da dureza do material que está sendo laminado. Ao final desse processo, última passada, o material é enrolado formando uma bobina que irá para a laminação a frio.

Novas concepções na área da laminação a quente podem ainda apresentar uma série de laminadores do tipo Tandem (Tandem Mill) que podem levar o material a espessuras da ordem de até 3 mm antes de enrolar a chapa na laminação a quente.

4.7 LAMINAÇÃO A FRIO

Processo de laminação realizado a temperaturas bem abaixo da de recristalização. A matéria-prima são as bobinas da laminação a quente agora com espessuras de 3 a 10 mm. A laminação é feita em laminadores quádrus não reversíveis principalmente. Os equipamentos podem reduzir a espessura das chapas de 30 a 70 % por passe dependendo das características do material.

Na laminação a frio utilizam-se dois recursos: tensões avante e a ré, que aliviam o esforço de compressão nos cilindros ou aumentam a capacidade de redução por passe. Esse processo é quase que responsável pela redução de espessura, pois os cilindros estão praticamente colados um no outro sem abertura perceptível. Na deformação a frio ocorre o processo de encruamento (endurecimento) ao alumínio. São necessários recozimentos intermediários para se realizar o amolecimento do material para que não ocorra nenhuma fratura ou dano a chapa e facilitar posterior laminação.

Os produtos laminados a frio mais finos (folhas), com espessura de até 0,005 mm, são produzidos em laminadores específicos que concebem o processo de laminação de folhas duplas com lubrificação entre elas. Outro processo muito utilizado atualmente é a laminação contínua que elimina o processo de laminação a quente. O alumínio líquido é solidificado entre dois cilindros que são resfriados internamente com água. Forma-se então chapas de 3 a 10 mm, como era a laminação a quente, mas o material sai com uma estrutura interna de fundido e não laminado, o que é bom para alguns processos posteriores ou algumas finalidades.

4.8 ACABAMENTOS E CORTES

Após a laminação a frio a chapa se encontra na espessura final para venda, contudo ainda há imperfeições nas bordas, acúmulo de tensões internas e necessidade de cortes para o produto final. A seguir alguns exemplos de trabalho final em bobinas e chapas de alumínio.

4.8.1 Processo de refilamento

A borda das bobinas ainda está totalmente irregular e necessita de corte, além de as bobinas não estarem ainda na sua largura final para venda. Assim, a bobina

passa por uma máquina chamada refiladora. Nessa máquina a bobina passa por um processo de corte por facas nas suas laterais já na largura final e é enrolada novamente. Nessas máquinas também se pode aplicar lubrificantes nas bobinas conforme necessidades específicas.

4.8.2 Processo de planificação

Após a laminação a frio as bobinas estão com suas tensões internas todas irregulares. Para algumas aplicações há a necessidade de deixar essas tensões regulares. A planificadora contínua, através de um processo de tração e compressão, deixa essas tensões regulares. Nessa máquina ainda se pode realizar processos de corte nas bordas e aplicação de lubrificante da mesma forma que as refiladoras convencionais.

Esse processo será mais bem explicado mais adiante.

4.8.3 Processos de estampagem e corte

Para algumas aplicações há a necessidade de alguma estampa nas chapas de alumínio, como é o caso das chapas do assoalho e acabamentos internos dos ônibus. Aquela chapa toda quadriculada é produzida através de um processo de estampagem do “xadrez” direto nas chapas e posteriormente um corte em chapas menores pois sua comercialização é feita por chapas e não bobinas. Esses processos podem ser realizados em uma única máquina capaz de marcar e cortar as bobinas em chapas.

Em outra situação há a necessidade de bobinas de larguras finas. Esse processo de corte das bobinas em várias tiras mais finas é realizado em uma máquina usualmente chamada de “refiladora leve”. Esse é um caso em que há a necessidade de as bobinas passarem por um processo de planificação para regular as tensões internas, caso contrário ocorreria de as bobinas mais finas ficarem com comprimentos diferentes ou características diferentes após o corte.

4.8.4 Processos de embalagem.

Agora as bobinas estão prontas nas suas medidas finais, prontas para a venda. Elas então são embaladas para a sua proteção durante o transporte. Elas devem ser bem embaladas, pois o alumínio pode ser marcado facilmente e dependendo da aplicação final da bobina de alumínio, a aparência das bobinas é de extrema importância.

As figuras 4.6 e 4.7 representam um processo de laminação desde a preparação de placas até o produto final.

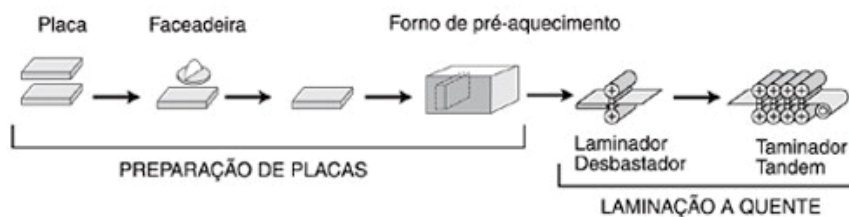


Figura 4.4 - Processo de laminação esquemático 1.

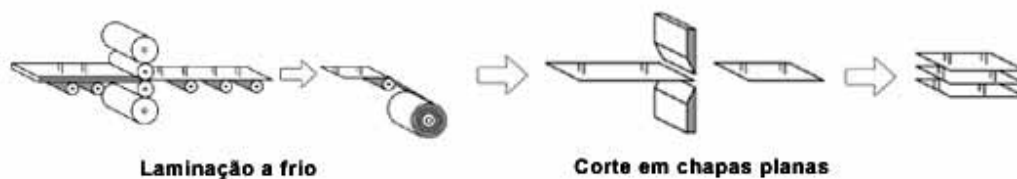


Figura 4.5 - Processo de laminação esquemático 2.

4.9 RECICLAGEM DO ALUMÍNIO NO BRASIL

A reciclagem é um dos temas mais importantes para o desenvolvimento sustentável de um mundo em que a produção tecnológica, cada vez mais acelerada, ainda esbarra na emissão de resíduos, o que pode trazer uma série de problemas ambientais para a sociedade. No contexto mundial, o Brasil ocupa lugar de destaque no que se refere à reciclagem do alumínio. Na verdade o Brasil foi eleito pelo 5º ano

consecutivo o país que mais reciclou latinhas, popularmente chamadas as embalagens de bebidas feitas em alumínio. Segundo a Abal – Associação Brasileira de Alumínio, 96.2% do total de latinhas produzidas no Brasil em 2005 foi reciclada. Essa reciclagem permitiu uma economia de cerca de 1.800 GWh/ano, o que representa cerca de 0,5% da energia gerada no Brasil naquele ano. Essa quantidade de energia é suficiente para abastecer uma cidade de mais de 1 milhão de habitantes, como Campinas, SP, por um ano inteiro. Isso porque a energia gasta com a reciclagem é cerca de 5% da necessária para produzir o metal a partir da bauxita. O impacto ambiental é menor também, pois para a produção de uma tonelada de alumínio a partir da bauxita são necessárias cinco toneladas do minério bruto.

A reciclagem do alumínio só ganhou destaque a partir da década de 90 com a troca das latinhas de aço pelas de alumínio. Hoje, presente em mesas de bares e restaurantes, prateleiras de mercados, lojas de conveniência e na casa de todo brasileiro, ela está muito diferente das primeiras latas. A primeira lata de aço feita em 1935, nos EUA, pesava cerca de 85g. Hoje a lata de alumínio pesa 13g. Não há mais a necessidade de revestimento de ligas metálicas de estanho para o combate a corrosão, pois o alumínio é altamente resistente a corrosão e altamente maleável. Esses e outros fatores que serão discutidos fizeram com que o mercado optasse pela lata de alumínio. O consumidor encontrou um produto leve, que gelava com mais facilidade, perfeito para o consumo rápido.

No Brasil, a reciclagem está mais ligada a dificuldades econômicas que a proteção do meio ambiente, visto que aproximadamente 160 mil pessoas vivem dessa atividade, catadores de latinha, mas se aprofundarmos no assunto veremos que a conscientização ambiental no país também é um grande motivador para a reciclagem.

A reciclagem é baseada no conceito de desenvolvimento sustentável, assunto que ganhou forças no Brasil no início da década de 90 com o evento internacional

que reuniu chefes de estado e representantes de diversos países do mundo. Esse evento ficou conhecido como o Rio-Eco 92, realizado no Rio de Janeiro, e foi um marco que dividiu as águas na questão ambiental, onde definiu legislações, propôs agendas políticas, estimulou o surgimento de organizações não governamentais e impulsionou a reciclagem no Brasil.

“Hoje em dia não há acionista que sequer pense em investir em uma empresa que esteja envolvida negativamente com algum aspecto das questões ambientais. A sustentabilidade de qualquer empresa está diretamente associada a sua imagem.”, afirma Augusto D’Arruda, diretor de meio ambiente da Novelis. Com esse pensamento as empresas mudaram suas políticas investindo muito na conservação do meio ambiente.

O alumínio possui cerca de 100% de reciclabilidade. Ocorre apenas uma pequena perda de material de cerca de 1 a 2 % no processo proveniente de sua fundição. Sendo assim a lata é infinitamente reciclável e sua sucata é suficiente para a produção de outra lata. O Brasil atingiu a marca de 127.6 mil toneladas de latas de alumínio recicladas em 2005, o que equivale a 9.4 bilhões de latas.

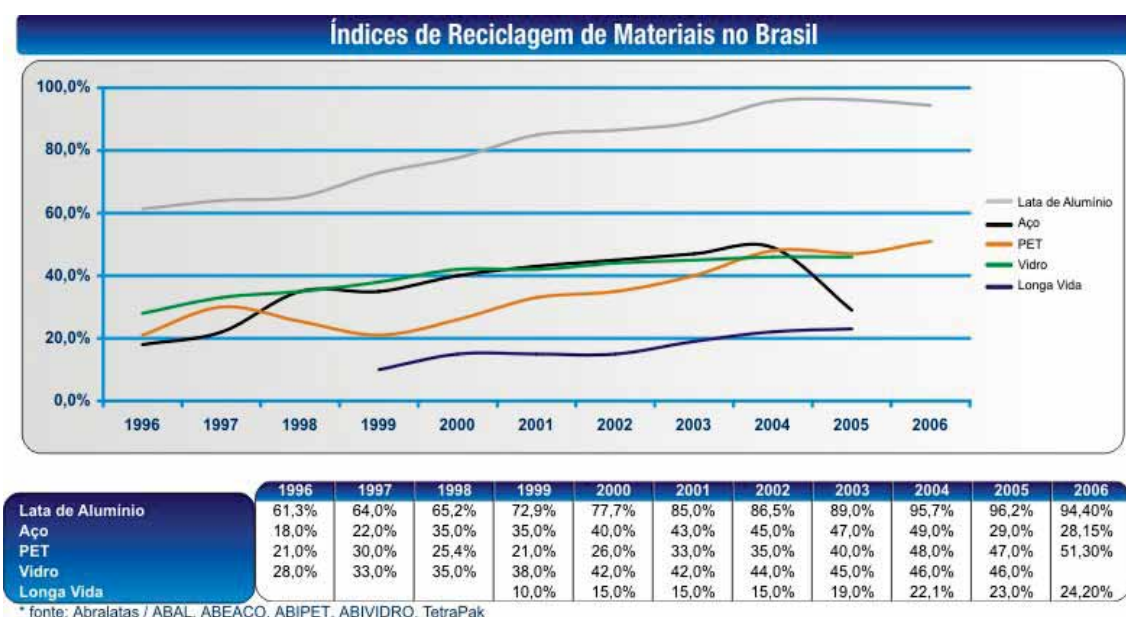


Figura 4.6 - Evolução do índice de reciclagem no Brasil de alguns materiais.

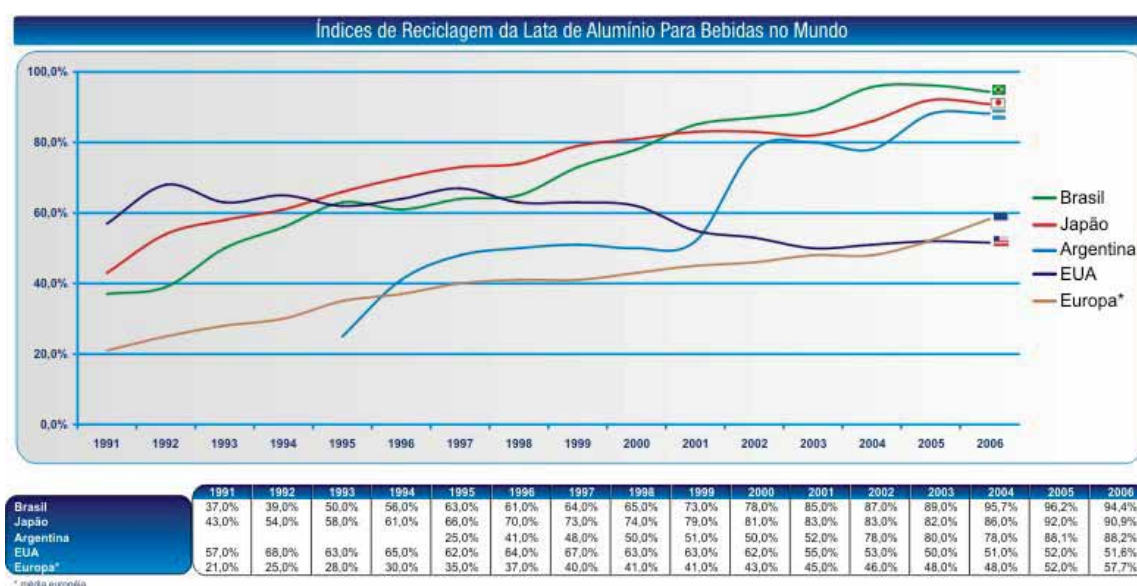


Figura 4.7 – Evolução no índice de reciclagem de latas de alumínio no mundo.

A partir das figuras 4.8 e 4.9 verifica-se que o Brasil assumiu o posto de país com maior reciclagem do alumínio em 2001 com 85%, vale lembrar que essa é uma posição que obteve entre países que não são obrigados, por lei, a reciclar, e que nos

anos seguintes vira a ultrapassar esse países que têm legislação rigorosa quanto a reciclagem, como a Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suíça, que apresentaram em 2004 uma média de 88 % de reciclagem do alumínio. Segundo a Abal, a liderança brasileira tem sido mantida por um conjunto de motivos entre eles a participação ativa da classe média, a valorização da sucata do alumínio, a organização de cooperativas de catadores de sucata e a conscientização social em relação a preservação do meio ambiente e importância do desenvolvimento sustentável.

No Brasil, a Novelis e a Aleris Latasa são os “grandes” na reciclagem do alumínio, mas com linhas diferentes. Enquanto a primeira trabalha com uma rede totalmente terceirizada de coleta, a segunda possui vários centros de coleta espalhados pelo país, principalmente no sudeste onde o consumo é maior. Investiu-se muito na mudança de pensamento do antigo ferro-velho para os centros de reciclagem do alumínio o que trouxe novos recicladores, como os catadores, agora organizados em cooperativas.

Um dos facilitadores do início desse processo de reciclagem de latas foi o supermercado. Por possuir vasta experiência em lidar com grande número de consumidores e operar sistemas de logística bastante eficiente, supermercados como a rede Extra, Carrefour, etc, iniciaram uma conscientização ecológica popularizando a atividade recicladora.

4.9.1 Ciclo da “Latinha”

A figura 4.10 representa um esquema do ciclo de vida da latinha no Brasil. Nota-se a velocidade com que as etapas se processam e a importância de cada etapa. Temos a latinha em seu papel de bem de consumo nas prateleiras esperando pelo consumo, os “catadores” de lata que tiram seu sustento do mercado da sucata de alumínio que hoje em dia tem muito valor, e todo o processo de produção da latinha que já foi descrito anteriormente.



Figura 4.8 - Ciclo da “latinha”.

5 PLANIFICADORA CONTÍNUA

Como foi dito anteriormente, as bobinas de alumínio saem da laminação a frio com suas tensões internas irregulares e para alguns processos ou especificações essas tensões devem ser regularizadas. A figura 5.1 representa graficamente as tensões internas em uma chapa de alumínio e como ela ficaria após um processo de cortes ao longo da chapa.

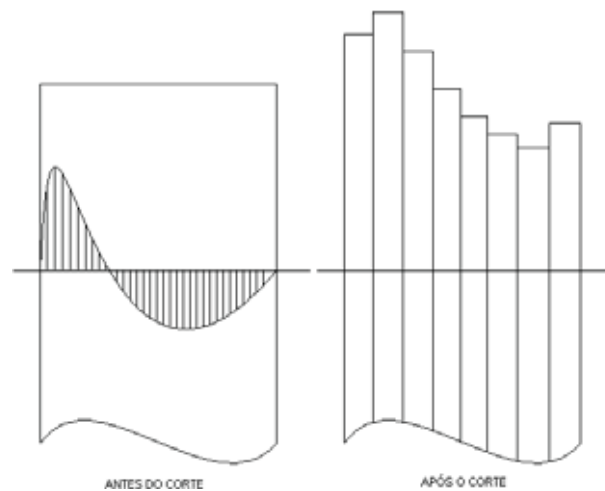


Figura 5.1 - Distribuição das tensões internas e situação após o corte.

Essa é uma situação de recusa do produto, portanto antes de realizar cortes desse tipo é necessário que se estabilize as tensões internas das chapas. A figura 5.2 a ilustra o processo de planificação contínua. É possível notar o trabalho de tração e compressão na chapa para eliminar as irregularidades nas tensões.

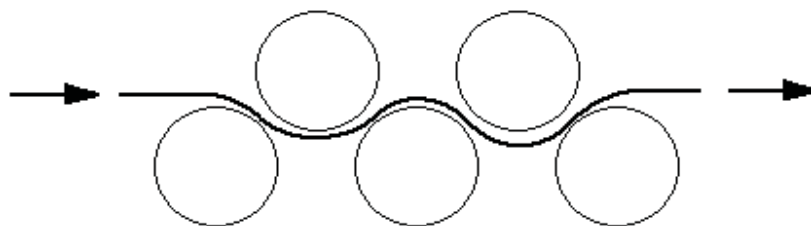


Figura 5.2 - Representação esquemática de um processo de planificação.

5.1 EQUIPAMENTOS

O estudo foi realizado na empresa Novelis do Brasil Ltda na linha de planificadora contínua. Em Anexo A está representado o corte elevação dessa linha. Foi analisado a situação atual dos equipamentos e com algumas mudanças foi possível uma melhoria no processo resultando maior produção e lucro.

O sentido da lamina de alumínio é da direita para esquerda partindo do carro de entrada, passando refilador (“side trimmer”) para o corte das bordas laterais, passando pela planificadora de tensões, por uma mesa de inspeção para análise de possíveis imperfeições do processo e voltando a enrolar numa outra bobina no carro de saída.

A seguir uma análise de cada equipamento que forma essa linha de planificadora contínua destacando suas funções, limitações e tecnologias envolvidas para o processo.

5.1.1 Magazine de entrada de espulas.

Esse equipamento conduzira as espulas (cilindros onde o a chapa de alumínio é enrolada; bobina vazia) da linha até o setor de espera para ser utilizado novamente mais tarde. É formado por duas hastes independentes em forma de “V” e estrategicamente localizados num nível abaixo do equipamento a seguir para que sua alimentação seja feita pelo efeito da gravidade. O campo de atuação desse magazine é de 6.858 [mm] perpendicular à direção da linha.

5.1.2 Carro de bobina de entrada.

Esse equipamento é uma placa de aço em forma de “V” montado sobre uma caixa (quadro) e é hidraulicamente acionado. Quando acionado, sua função é trazer as bobinas a serem planificadas do setor de espera e ejetar as espulas para a rampa de espulas que as conduzirá até o magazine de entrada de espulas.



Figura 5.3 - Magazine de entrada e Carro de bobina de entrada.

5.1.3 Carretel de descarga.

Este equipamento possui um cilindro expansivo onde é posicionada a bobina para ser trabalhada. Ele fica na posição de fechado para que a bobina possa deslizar sobre ele e uma vez posicionada a bobina, o cilindro se expande para travar a bobina. Possui também um braço hidráulico que trabalha na manutenção da tração na chapa de alumínio. Todo o sistema é controlado automaticamente a partir da central de controle. Uma vez terminada a bobina, o braço se levanta e o cilindro se comprime para que a espula seja ejetada.



Figura 5.4 - Carretel de descarga com braço hidráulico.

5.1.4 Rolos de Alavanca e de Aplainador.

Sua função é puxar a lamina de alumínio e aplainá-la de modo que fique bastante esticada ao passar pela linha. Consiste em quatro rolos, dois de alavanca e dois de aplainador, medindo 150 mm de diâmetro e 1955 mm de face. Os rolos são de aço temperado 52100 e montado sobre rolamentos. Os rolos alavanca são hidraulicamente atuados e o rolo aplainador de cima é ajustado manualmente através de uma alavanca do tipo “volante” e também é hidraulicamente atuado. Os rolos de alavanca e de aplainador de baixo são movidos por motor elétrico de corrente alternada.

Ao final da linha temos os rolos de alavanca de saída cuja função e características são as mesmas que os de entrada.

5.1.5 Rolos de Alimentação, Cortador de Entrada e Guia Lateral.

Os rolos de alimentação direcionam corretamente a chapa. Posteriormente vem o cortador de entrada que são facas atuadas pneumaticamente para o corte de

cima para baixo. A faca de cima é posicionada mecanicamente para garantir o alinhamento do corte e a faca de baixo é estática montada sobre uma base de aço fabricada. Mais a frente há uma mesa onde o pedaço da chapa de alumínio que foi cortada se apóia para o manuseio e também são posicionadas as guias laterais para o posicionamento lateral correto para que seja realizado o corte lateral. Essa guia deve ser bem regulada pois é a partir dela que as medidas laterais para o corte são tiradas.



Figura 5.5 - Cortador de entrada e início da mesa guia.

Ao final da linha temos o cortador de saída e os rolos de alimentação de saída que possuem as mesmas funções e características que estes. Na figura a seguir temos o detalhe dos rolos de alimentação da saída após a mesa de inspeção.



Figura 5.6 - Rolos de alimentação de saída.

5.1.6 Cortador Lateral.

Nessa etapa são posicionadas facas rotativas nas laterais para realizar o corte lateral. As facas possuem um diâmetro de 203 mm e a largura da faca varia de acordo com a largura final da chapa de alumínio. Temos facas de diversas medidas de largura. Posicionamos uma das facas no lado onde o porta ferramentas é fixo, denominado ponto zero. A partir desse ponto localizamos a posição de corte da faca e somamos a medida final desejada da chapa. Dessa forma temos a posição correta onde a outra faca deve ser posicionada. Esse é um sistema manual e a precisão depende do correto alinhamento das facas, estabilidade e posicionamento correto das facas. Essa é a razão pela qual estamos mudando desse sistema antigo para um totalmente automatizado onde o controle é realizado por computadores minimizando as falhas que podem ocorrer e também melhorando a qualidade de corte das facas.



Figura 5.7 - Cortador lateral (detalhe das facas rotativas) e guia do refile.

5.1.7 Guia, Picotador e Reservatório de Refíles

Após o corte lateral da chapa, o refile entra num tubo guia localizado estrategicamente de modo que a posição das facas direciona o refile para o tubo. O

refile é então direcionado para o picotador localizado num nível abaixo. Nesse picotador o refile é picotado e lançado ao reservatório de refiles. Esse reservatório possui uma esteira rolante que carrega os pedaços de refiles para uma caixa onde ele é armazenado até que a empilhadeira troque as caixas. É o equipamento principal de estudo deste trabalho onde esse sistema será substituído por tubos que vão direcionar o refile até outra unidade onde ele será enrolado e armazenado. A figura 5.8 mostra o equipamento.

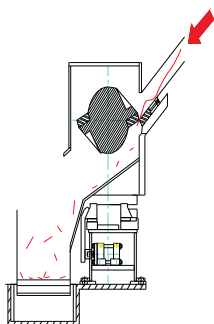


Figura 5.8 - Detalhe do picotador de refiles e Saída da esteira do reservatório de refiles.

5.1.8 “Strip Joiner”

Esse equipamento trabalha como um grampeador de placas. Sua função é unir chapas por meio de compressão a partir de um sistema hidráulico combinando bombas de alta e baixa pressão. Ao início de um trabalho uma chapa guia, deixada pela bobina anterior, é unida a nova bobina para guiá-la pelos próximos equipamentos. A união também ocorre quando é necessária a retirada de amostras durante um processo de planificação. A figura 5.9 mostra o equipamento.



Figura 5.9 - Strip Joiner.

5.1.9 Solvent Cleaner.

Alguns produtos de IP necessitam de um tratamento superficial extra de limpeza e lubrificação da chapa. Nesse equipamento um solvente, próprio para o produto, é despejado sobre a placa e seu excesso é retirado. A maioria dos produtos não necessita dessa aplicação, como é o caso do CES e do TAB, contudo para outros essa etapa é essencial para que a chapa fique nas condições exigidas pelo comprador.

5.1.10 Bridle de Entrada e Saída da Planificadora.

São dois conjuntos de quatro cilindros posicionados de modo a alinhar e tracionar a chapa de alumínio para que a planificadora trabalhe igualmente por toda a seção da chapa.

5.1.11 Mesa de inspeção e raios-X.

É uma mesa com um acabamento superficial de modo a não interferir na inspeção da chapa. Bastante iluminada e, em conjunto com um aparelho de raios-X e uma câmera posicionada sobre a mesa, é onde ocorre a inspeção de imperfeições superficiais, planicidade, espessura, marcas de rolete, marcas de cavaco, etc.

Fora da linha temos outra mesa de inspeção para análise das amostras das chapas retiradas antes, durante e depois da planificação de uma bobina. Aqui a inspeção é a olho nu e o responsável pela liberação são os engenheiros de processo da linha. As figuras 5.10 e 5.11 representam essas mesas.



Figura 5.10 - Mesa de inspeção da PC.

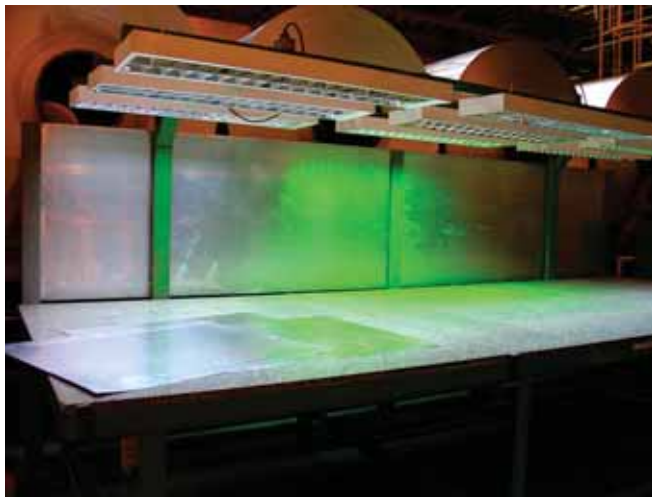


Figura 5.11 - Mesa de inspeção externa e detalhes da inspeção das chapas.

5.1.12 Carretel de rebobinar e cinta tracionadora.

Este carretel possui as mesmas características que o carretel de descarga e é posicionado ao final da linha onde o material é rebobinado e sai da PC através de um carro de saída idêntico ao de entrada. O Belt Wrapper é um equipamento que trabalha no início do rebobinamento travando a chapa a bobina. Formado por uma cinta sobre tração que abraça o início da chapa com a espula tracionando o material enquanto é enrolado devagar até que a chapa esteja totalmente fixa na bobina e não ocorra escorregamento. A figura 5.12 mostra esse equipamento.



Figura 5.12 - Detalhe do Belt Wrapper “abraçando” o cilindro.

5.1.13 Planificadora de tensões

Esse equipamento é formado por quatro cilindros base e quatro cilindros superiores. Uma vez acionado, os cilindros superiores baixam aplicando uma tensão pré estabelecida sobre a lamina de alumínio. Essa tensão varia de acordo com as dimensões da lamina e atuam aplicando tensões de tração e compressão eliminando as tensões pré existentes na lamina. As figura 5.13 e 5.14 representam a aplicação.

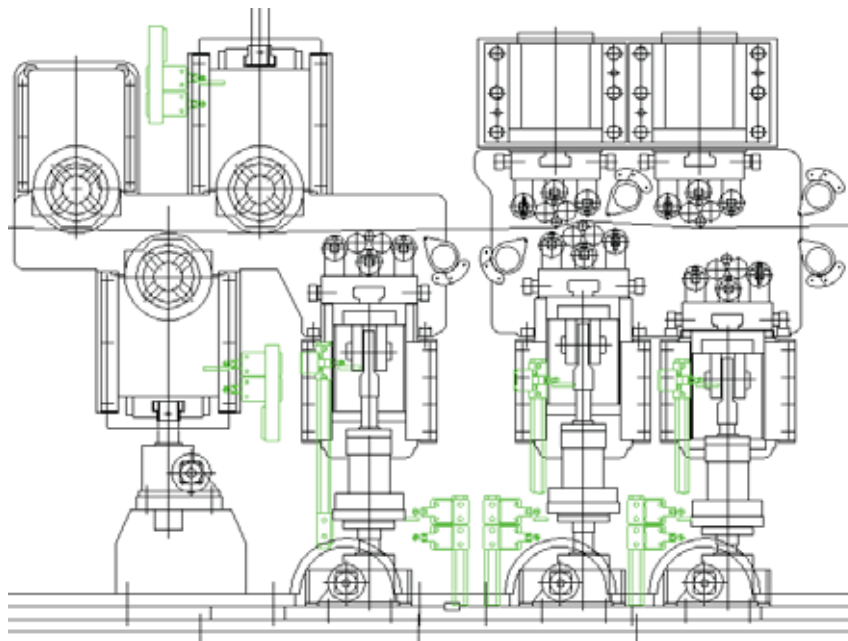


Figura 5.13 – Planificador de Tensões

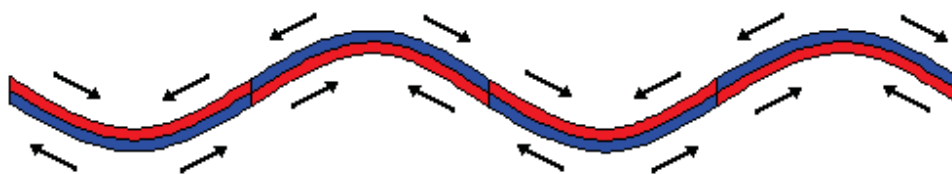


Figura 5.14 – Simulação das tensões de tração (azul) e compressão (vermelho)

6 PROJETO

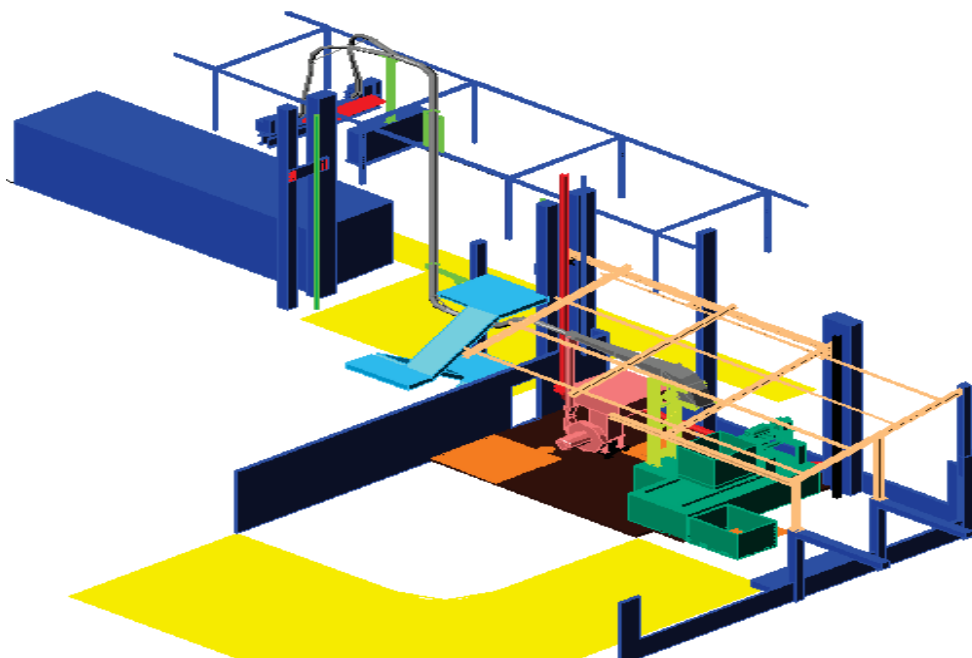


Figura 6.1 - Ilustração do projeto final.

6.1 DADOS ANTES DA IMPLANTAÇÃO.

A tabela 6.1 apresenta as características mecânicas do CES e TAB, principais produtos trabalhados na PC. As tabelas 6.2 e 6.3 mais abaixo apresentam as informações de operação da PC para todos os materiais que são trabalhados na linha.

Tabela 6.1 - Propriedades mecânicas do CES e TAB.

Propriedades Mecânicas do CES e TAB		
	CES	TAB
Liga	5182	5182
Têmpera	H 19	-----
Resistência tração [MPa]	420	275
Resistência escoamento [MPa]	395	130

Alongamento	0,35	0,38
Espessura final [mm]	0,214	0,254
Finalidade	Tampa da "latinha"	Anel da "latinha"

Tabela 6.2 - Parâmetros Operacionais da PC para o CES e TAB.

Informações Operacionais CES/TAB	
Temperatura de entrada	Max 42° C
Descarte das Pontas	inicio = 8 mm
	final = 12 mm (CES)
	final = 10 mm (TAB)
Bobinamento	Desvio máx - 3 mm
	Tração desenrolador - 1,0 Kgf
	Tração do enrolador - 2,4 Kgf
Bobina	Diâmetro min = 1250 mm
	Aproximadamente 3800 Kg
Planicidade	Tração entrada - 2,0 Kgf
	Tração saída - Inicio - 1,6 Kgf/mm2 Final 1,4 Kgf/mm2
	Alongamento - 0,18 a 0,40%
	Velocidade Max = 330 m/min
Ajuste do planificador	Flex 1 = 44 - 46 mm
	Flex 2 = 42 - 44 mm

Tabela 6.3 - Parâmetros Operacionais da PC para IP.

Propriedades e Informações Operacionais - IP								
Liga	Espessura [mm]	Largura [mm]	Tração Ent[Mpa]	Tração Saí[Mpa]	Along. %	Flex 1	Flex 2	Veloc. [m/min]
1100A, 1200 3003, 1050	0,30 à 0,70	750 à 1500	0,8	0,5	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	250
1100A, 1050	0,71 à 1,0	750 à 1500	0,8	0,45	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	230
1100A, 1050	1,1 à 1,5	750 à 1500	0,6	0,35	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	200
5052	0,3 à 0,67	750 à 1500	0,8	0,5	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	250
5052	0,7 à 0,9	750 à 1500	1	0,6	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	200
5052	1,0 à 2,0	750 à 1500	0,7	0,4	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	200
3004, 3104 e 3105	0,26 à 0,60	750 à 1500	1,4	0,8	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	250
3004, 3104 e	0,61 à 1,0	750 à 1500	0,8	0,6	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	230

3105								
3004, 3104 e 3105	1,1 à 1,5	750 à 1500	0,6	0,4	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	200
TODAS	0,18 à 0,25	745 à 1500	2,5	1,5	0,20 - 0,50	38 - 44	34 - 42	250

6.2 PREVISÃO APÓS A IMPLANTAÇÃO

O projeto consiste na aquisição e implantação de um enrorador de refiles com transporte pneumático, que serão instalados fora do prédio de CM. Esse novo sistema capacitará a PC a um aumento na velocidade de operação dos atuais 330m/min para 400m/min acarretando numa produtividade maior de CES de atuais 11,2 ton/hora para 13,6 ton/hora. Esse acréscimo possibilitará um aumento de disponibilidade da planificadora contínua visando a produção de produtos IP.

Com isso é possível otimizar o mix de produtos com materiais de maior valor agregado evitando assim a substituição de produtos de IP que tem maior margem de contribuição, 1000 USD/ton, por CES exportação que possui margem de contribuição de 22 USD/ton, devido à falta de disponibilidade da PC. Dessa forma o output é mantido com uma rentabilidade maior e atende aos clientes estratégicos de carroceria, food can, easy open e revenda.

Esse projeto também capacita a PC a volumes adicionais de CES em caso de expansão nas atuais linhas de pintura e laminação a frio, atualmente o gargalo na produção.

No aspecto de EHS esse projeto reduzirá o nível de ruído e tráfego de empilhadeiras para retirada da caixa de refiles reduzindo o conflito pedestre x empilhadeira dentro do prédio de laminação a frio.

6.3 VIABILIDADE ECONÔMICA

A aquisição e instalação de todo o novo sistema de refis da PC foi realizado por varias empresas contratadas cada uma responsável pela sua área de atuação e suas funções serão descritas a seguir bem como as negociações financeiras e custo final do projeto.

6.3.1 Empresas Contratadas

Empresa EBESA Engenharia:

Foi responsabilidade da empresa EBESA todo o projeto de engenharia incluindo desenhos dos equipamentos, mudança de lay out, projeção dos dutos pneumáticos e todos os equipamentos externos que fazem parte do novo enrolador. A empresa também foi contratada para a manufatura do novo enrolador de refis, realização de um upgrade no refilador com troca de eixos e rolamentos e instalação de um sistema de sensor posição, e projeto e instalação do carro para caixa de refis.

Quickdraft:

Todo equipamento pneumático foi adquirido pela Quickdraft bem como a mão de obra para instalação e manutenção.

Lennox:

Toda parte de construção civil incluindo o projeto e execução.

JOrion:

Responsável pela cobertura da parte externa onde será alocado o enrolador de refis e responsável por toda a instalação mecânica dos equipamentos.

JAL:

Responsável pela instalação elétrica.

AUTVALE:

Aquisição dos equipamentos eletrônicos de controle do enrolador de refis.

6.3.2 Descritivo Financeiro.

Descrição	Fornecedor	Custo (R\$`000)
Projeto	EBESA Engenharia	9,5
Sistema Pneumático	Quickdraft	343,3
Enrolador de refis	EBESA Engenharia	155,0
Civil – projeto e execução	Lennox Engenharia	30,6
Cobertura	JOrion	20,0
Sistemas de Controle	AUTVALE	62,1
Instalação Mecânica	JOrion	8,5
Instalação elétrica	JAL	47,5
Upgrade do Refilador	EBESA Engenharia	61,7
Carro para Caixa de Refile	EBESA Engenharia	41,7

Total: R\$ 779,9 mil

US\$ 467,0 mil

(Câmbio – US\$ = 1,67 R\$)

Sendo o CES o carro chefe da PC responsável por cerca de 70% da produção, e como já foi dito que o aumento da produção por hora liberará o equipamento para os produtos de IP, com maior margem de lucro, os cálculos a seguir darão uma estimativa do aumento de produção e lucratividade da linha determinando o tempo de payback.

$$Q_{CES} = 11,2 \text{ ton/h} * \left(\frac{400 \text{ m/min}}{330 \text{ m/min}} \right) = 13,6 \text{ ton/h}$$

Tomando por base a produção anual de CES de 2007 que foi aproximadamente de 55 mil toneladas, temos que a economia em horas de trabalho da PC é:

$$T = \frac{Q_{2007}}{11,2} - \frac{Q_{2007}}{13,6} = \frac{55 \text{ mil}}{11,2} - \frac{55 \text{ mil}}{13,6} = 866 \text{ horas/ano}$$

Essa economia será convertida para trabalhos em materiais de IP, produto com maior margem de lucro. Para a estimativa de lucro com tais produtos será utilizada uma velocidade de linha média de 250 m/min e produção de 5,0 ton/hora e ainda adotaremos um reajuste de 0,8 com as perdas durante set up da linha. Com esses parâmetros podemos estimar um aumento na receita anual da PC com produtos de IP de:

$$R = 866 * 5,0 * 1000 * 0,8 \approx R \$3,5 \text{ milhões}$$

Com esse valor podemos prever um payback, com a linha funcionando em 100% de:

$$PayBack = 12 \text{ meses} * \frac{0,88 \text{ Millões}}{3,5 \text{ Milhões}} = 3 \text{ meses}$$

Para um funcionamento a 75%, esperado para o início devido a possíveis falhas, temos:

$$PayBack = 12 \text{ meses} * \frac{0,88 \text{ Millões}}{3,5 \text{ Milhões}} * \frac{100}{75} = 4 \text{ meses}$$

A partir desses dados podemos concluir que o projeto é bem viável e só dependerá do aumento no volume de vendas de produtos de IP, o que não será difícil

devido à situação atual da empresa em que pedidos de produtos de IP são negados devido ao funcionamento da linha da PC em 100%.

6.4 VIABILIDADE TECNOLÓGICA : ESPECIFICAÇÕES

6.4.1 Geral

Com as mudanças na linha da PC, os materiais que passarão a ser trabalhados deverão respeitar as seguintes especificações:

- Ligas do grupo: 1XXX, 3XXX e 5XXX
- Tratamento térmico: Tempera de H14 a H19
- Velocidade de trabalho: sem limite, desde que não provoque danos superficiais no acabamento. Até 400m/min.
- Largura do refile: ligas 1XXX e 3XXX até 35mm/lado. Ligas 5XXX até 25mm/lado.
- Espessura: $\leq 0,6$ mm

A espessura é determinada pelo sistema pneumático de sucção do refile. Para produtos fora das especificações como, por exemplo, com espessuras acima de 0,6mm, como é o caso de produtos como carroceria e outros IP, o refile deverá passar pelo picotador de refis, sistema atual, que não será removido do local. Contudo são poucos os materiais com espessura acima do limite, visto que a maioria dos materiais que passam pela PC é destinada a CES.

A presença do sistema atual não irá interferir no trabalho do novo sistema de sucção e ainda atuará como um sistema back up em caso de danos, reparos, sobrecarga ou manutenção no sistema de sucção ou no enrolador de refis.

6.4.2 Sistema de Sucção de Refil

O sistema de sucção é formado por dutos conectados diretamente no Side Trimmer e é por onde o refil será removido e conduzido até o enrolador de refis. A sucção será promovida por um motor de sucção (eductor unit) localizado no exterior junto ao enrolador de refis. O motor de sucção está localizado fora do caminho do material e irá forçar ar a alta pressão e velocidade através de um bocal Venturi no tubo do Eductor, isso irá criar uma pressão negativa (sucção) dentro dos dutos de sucção. Um silenciador interno permite que a emissão de som caia para aproximadamente 99dBA perto do equipamento. Um abafador externo ainda atua para que essa emissão seja reduzida em 12dBA. A emissão de som é alta logo é necessário EPI's para segurança nos funcionários.

O separador de ar/material é um cotovelo de seção quadrada que irá trabalhar permitindo a saída do ar e direcionando o material para a entrada do enrolador de refis. Esse cotovelo possui um atuador pneumático que irá direcionar o material para uma caixa ao lado caso haja algum defeito no enrolador. As figuras a seguir são os desenhos de construção do sistema de tubulação que leva o refil da linha até o enrolador de refis.



Figura 6.2 - Separador ar/material (esquerda) e motor de sucção (dir)

Especificações do sistema de sucção.

- Numero de refiles: 2 por maquina. Seria um de cada lado da PC.
- Largura do refile: a largura máxima dos refiles é de 35mm por refile.
- Velocidade: Velocidade máxima de 500 m/min.
- Espessura: Espessura máxima para a correta sucção de 0,6 mm.
- Elevação: Projetado para trabalhar a 550 m acima do nível do mar.
- Dutos principais: Diâmetro de 8”.
- Motor: 200Hp, 3600rpm, 460V, 60Hz.

6.4.3 Enrolador de Refiles

As figuras 6.3 e 6.4 representam o enrolador de refiles, juntamente com o motor de acionamento e seu controle.



Figura 6.3 - Exemplo de enrolador de refíles em funcionamento (esq) e instalação do enrolador de refíles da PC (dir)



Figura 6.4 - Controlador do enrolador de refíles (esq) e motor de acionamento (dir)

Especificações do enrolador de refíles – Scrap Baller.

- Material: Alumínio e ligas (máx. 320N/mm^2)
- Espessura: máximo de 0,8mm
- Largura do refíle: 6 a 35mm (2X – cada lado)

- Velocidade da linha: 50 a 500m/min
- Dimensões do rolo de refile: $\Phi 260 / \Phi 900 \times \Phi 900$ mm
- Peso máximo da bobina de refile: aproximadamente 1000Kg
- Rolo compactador articulado hidraulicamente.
- Sistema de extração do rolo de refile acionado hidraulicamente.
- Acionamento por motor assíncrono com comando de velocidades (inversor) sincronizado referencialmente com a velocidade da linha e diâmetro do rolo de refile.
- Válvulas de comando hidráulico e pneumáticas instaladas e integradas ao equipamento.
- Motor assíncrono com ventilação forçada (aproximadamente 29Kw)
- Tensão de alimentação: Trifásico 440V/60Hz
- Tensão de comando: 24VCC/110VCA.

6.5 ESTUDO DE LAY OUT

Para a definição do lay out final das novas instalações da linha de planificadora contínua foram analisados diversos critérios a fim de melhorar a segurança, acesso, qualidade de trabalho, etc. Alguns dos principais critérios foram:

- 1- Transferência do sistema de descarte de refile para o exterior da área de produção.

Essa mudança visa melhorar a segurança no trabalho dos funcionários tanto da linha como os operadores de empilhadeiras e funcionários de outro setor pois diminui o trafego de empilhadeiras dentro da área de

produção evitando risco de atropelamento, danos as bobinas e ao patrimônio. Além desse fator, essa mudança também facilita o descarte das caixas de refile uma vez que estando do lado de fora, o acesso das empilhadeiras fica bastante fácil melhorando o trabalho e a rapidez dos operadores de empilhadeira.

2- Questões ambientais.

Foi necessário dispor de uma área grande e que fosse perto das instalações já existentes. O único lugar com essas características servia de área de segurança dos transformadores da produção e era reservado preservação ambiental uma vez que existiam arvores antigas no local. Para a mudança de função dessa área foi necessário contratar uma empresa especializada para a retirada e replantio das arvores em outro setor, além de permissão dos órgãos estatais responsáveis pela preservação do meio ambiente.

3- Acesso

A área do rebobinador deveria possuir acesso fácil, rápido e sem risco para os funcionários. Dessa forma uma extensão da rua foi feita e entrada com rampa para a área do novo local de descarte de refiles.

6.6 DESENHOS DE PROJETO

Todos os desenhos de lay out foram estudados junto aos engenheiros de projeto da Novelis bem como os fabricantes do sistema de sucção e do enrolador de refiles. As medidas de altura, largura, curvatura, ângulos de curvas, enfim, todos os parâmetros para determinar o trajeto das tubulações de sucção, posição dos equipamentos e disposição geral foram determinados visando menor interferência dos equipamentos existentes na planta, menor resistência na passagem de material,

maior facilidade de acesso tanto para operação como manutenção, exigências dos fabricantes e menor custo.

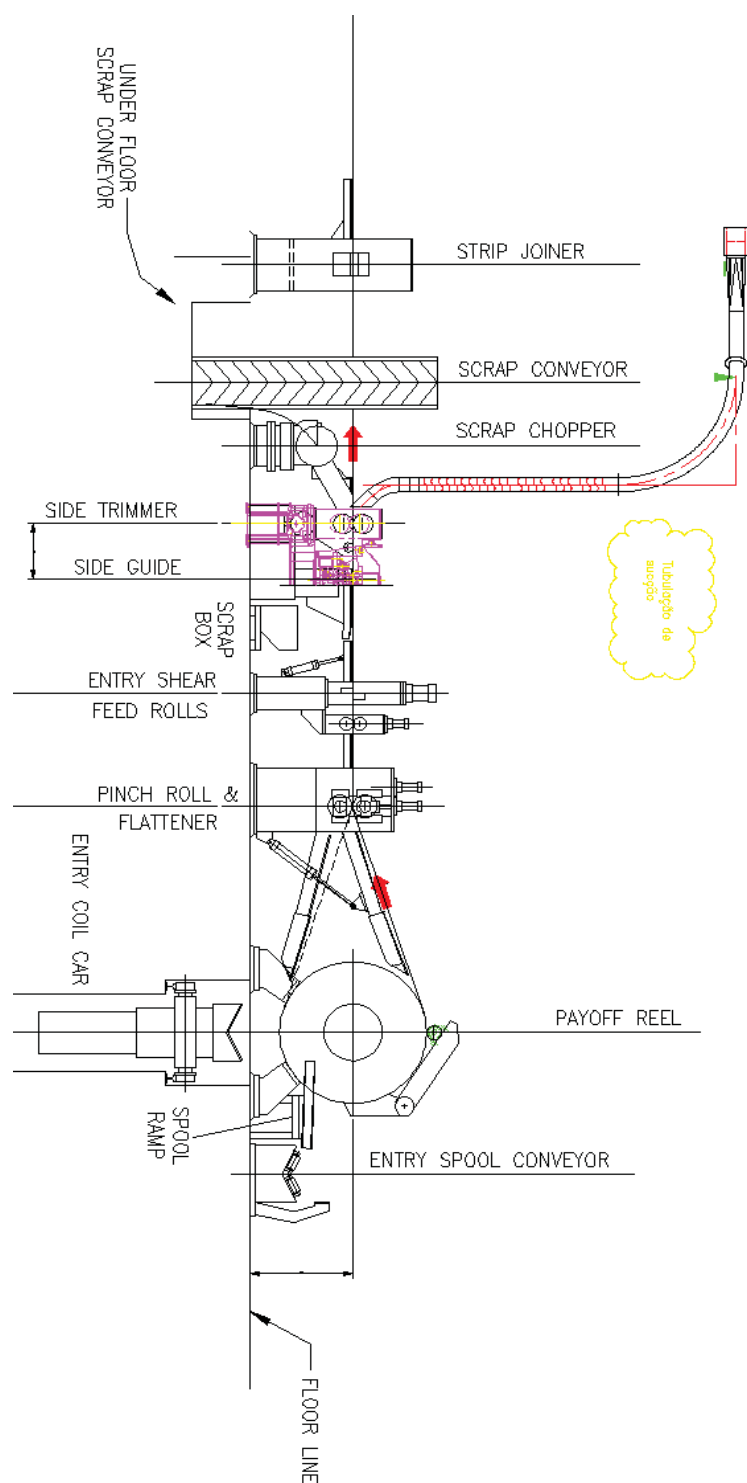


Figura 6.5 – Tubulação de sucção de refil.

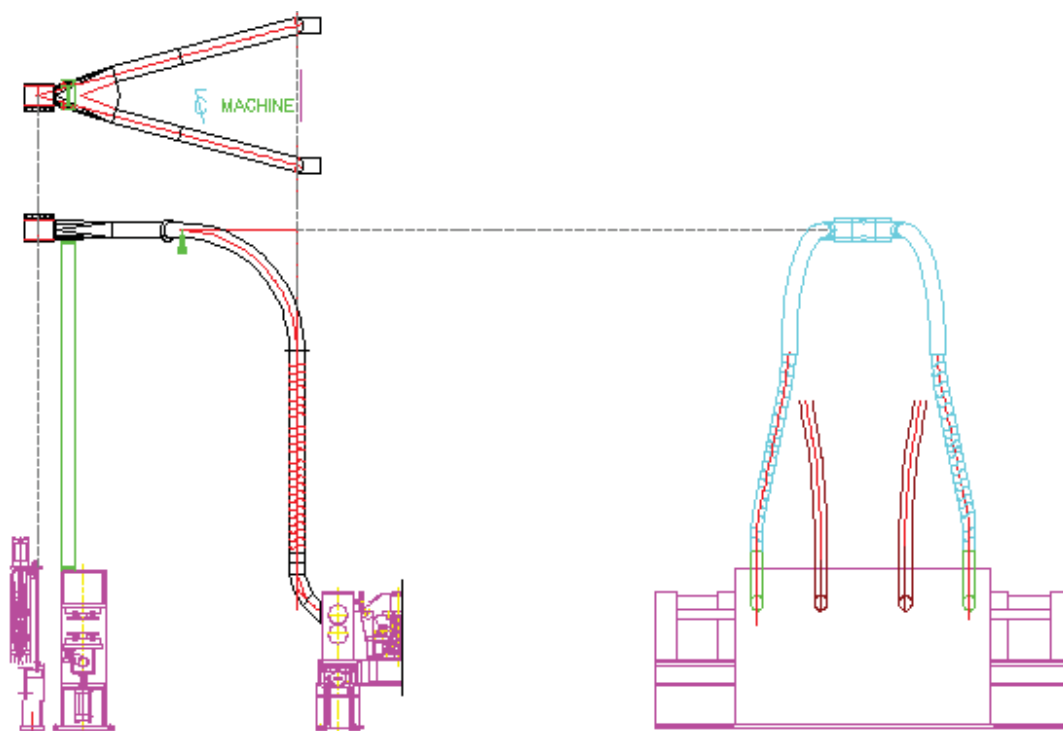
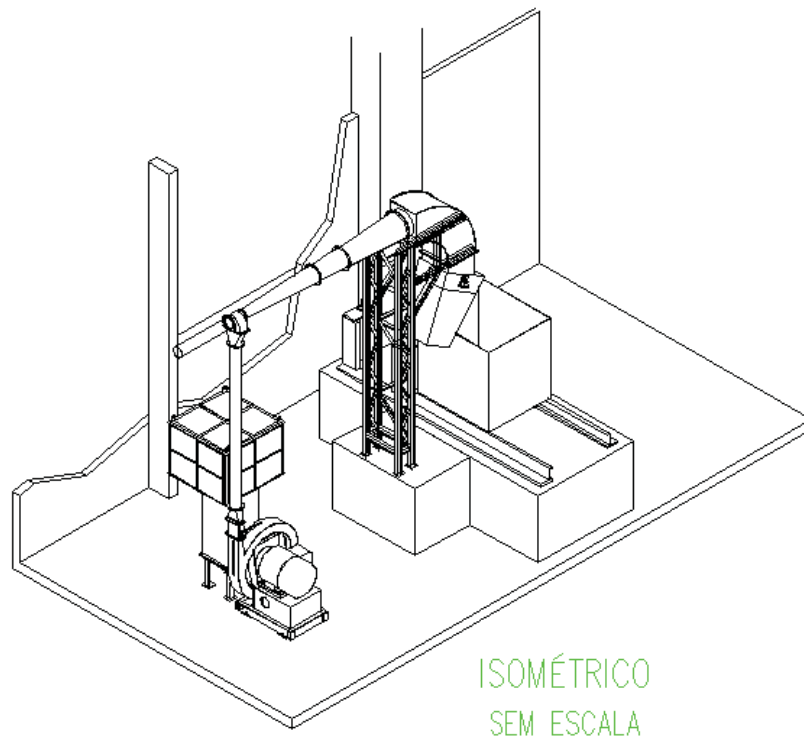


Figura 6.6 – Sistema de tubulação de sucção de refiles.



ISOMÉTRICO
SEM ESCALA

Figura 6.7 – Sistema se sucção e direcionamento de refiles.

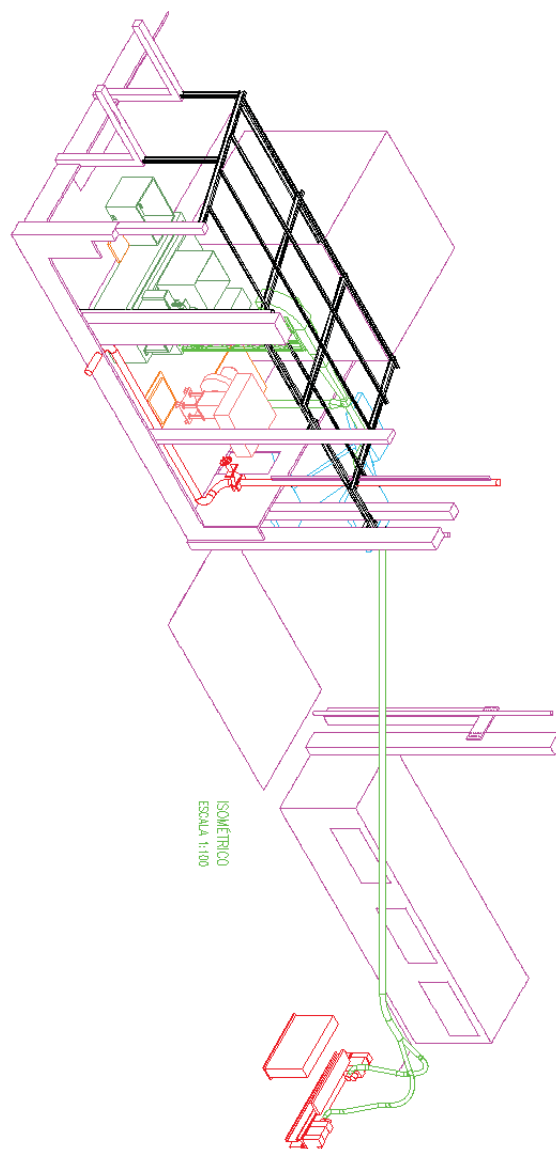


Figura 6.8 – Representação esquemática do sistema de tubulação de sucção.

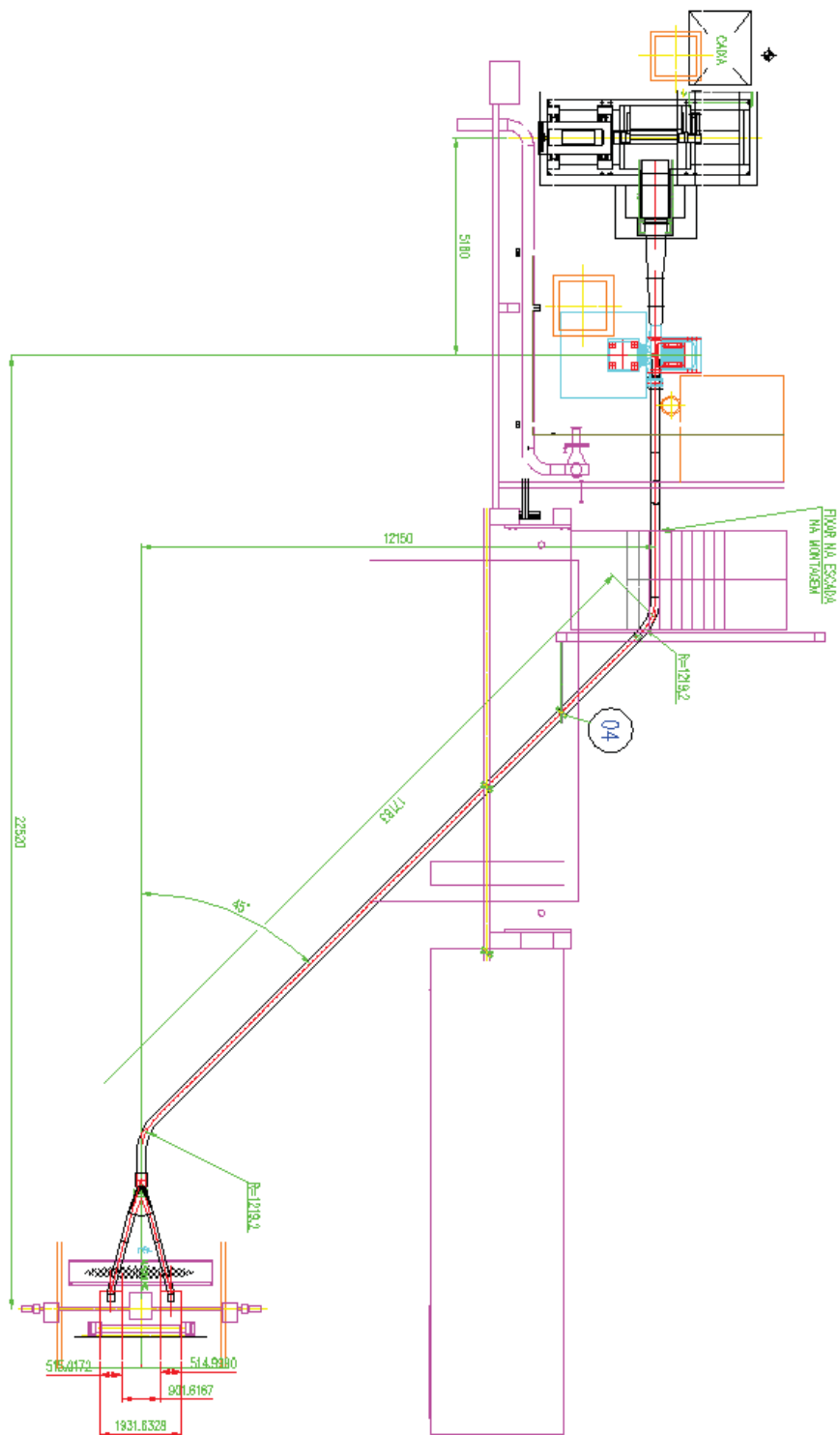


Figura 6.9 – Representação geral do sistema de tubulação de sucção de refiles.

7 DADOS ANTES E APÓS A IMPLANTAÇÃO

Nessa parte do estudo serão confrontados os dados da produção na linha da PC antes e depois da implantação do novo sistema de enrolador de refiles.

7.1 DADOS DA PRODUÇÃO ANTES DA IMPLANTAÇÃO

Nas tabelas 7.1 e 7.2 e figuras 7.1, 7.2 e 7.3 estão representadas toda a produção nos últimos 9 meses antes do início dos trabalhos da PC, período que vai de Janeiro de 2008 até Setembro de 2008 e que representa a máxima capacidade da PC.

Como já foi mencionado, o principal produto que passa pela PC é o CES (Tampa para lata), os produtos intermediários são o anel para lata, produtos para revenda, estampagem e furgão, e os de baixa produção, mas que com bastante margem de lucro, representados como restante, são: Alucobond, anel p/ lata easy open antena, bagageiro, barco, calha, carroceria, componentes de refrigeração, dibond, dilite, dobramento, exportação, friso, gabinete, lata p/ comida, lateral de ônibus, persiana, portinhola de ônibus, sinalização, tampa easy open.

Tabela 7.1 - Produção da PC em 2008

Quantidade de Produção 2008 (Jan /Set)			
	Nº Bobinas	Horas de trabalho	Peso total (ton)
Janeiro	717	570:41:00	6781381
Fevereiro	635	496:43:00	6101859
Março	652	561:16:00	6194049
Abril	718	587:27:00	6884472
Mai	771	616:20:00	7300798

Junho	739	607:36:00	6864762
Julho	701	575:52:00	6524078
Agosto	782	598:22:00	7367530
Setembro	657	523:55:00	6368627
Total =	6372	Total =	60387556

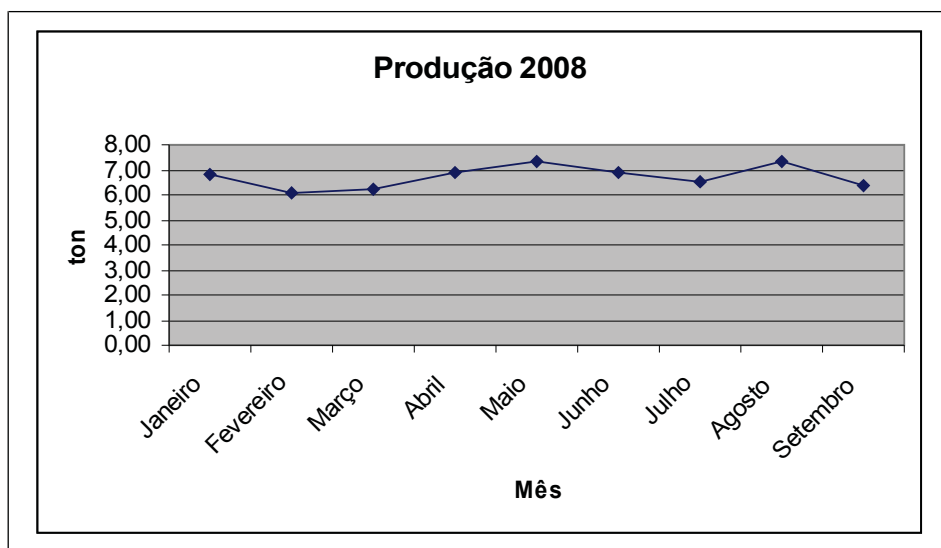


Figura 7.1 - Produção da PC em 2008.

Tabela 7.2 - Produção específica de 2008.

PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE 2008 (JAN/SET)									
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Tampa p/ Lata (5182H)	4983692	4472312	4472312	4487648	4548232	4357186	4257268	4753031	4660445
	73,5%	73,3%	72,2%	65,2%	62,3%	63,5%	65,3%	64,5%	73,2%
Anel P/ Lata (5182)	692098	602663	719043	1124093	942383	873451	592059	606569	736225
	10,2%	9,9%	11,6%	16,3%	12,9%	12,7%	9,1%	8,2%	11,6%
Revenda (1100A)	334680	312820	204117	413310	564546	553723	318282	420266	329936
	4,9%	5,1%	3,3%	6,0%	7,7%	8,1%	4,9%	5,7%	5,2%
Estampagem (1100A)	148789	29677	99883	183999	242938	121205	320691	584434	115978
	2,2%	0,5%	1,6%	2,7%	3,3%	1,8%	4,9%	7,9%	1,8%
Furgão (5052)	170934	129716	98059	93764	191275	254384	232598	299786	149105
	2,5%	2,1%	1,6%	1,4%	2,6%	3,7%	3,6%	4,1%	2,3%
Restante	450378	517480	600635	581658	811424	704813	802910	703444	376938
	6,6%	8,5%	9,7%	8,4%	11,1%	10,3%	12,3%	9,5%	5,9%

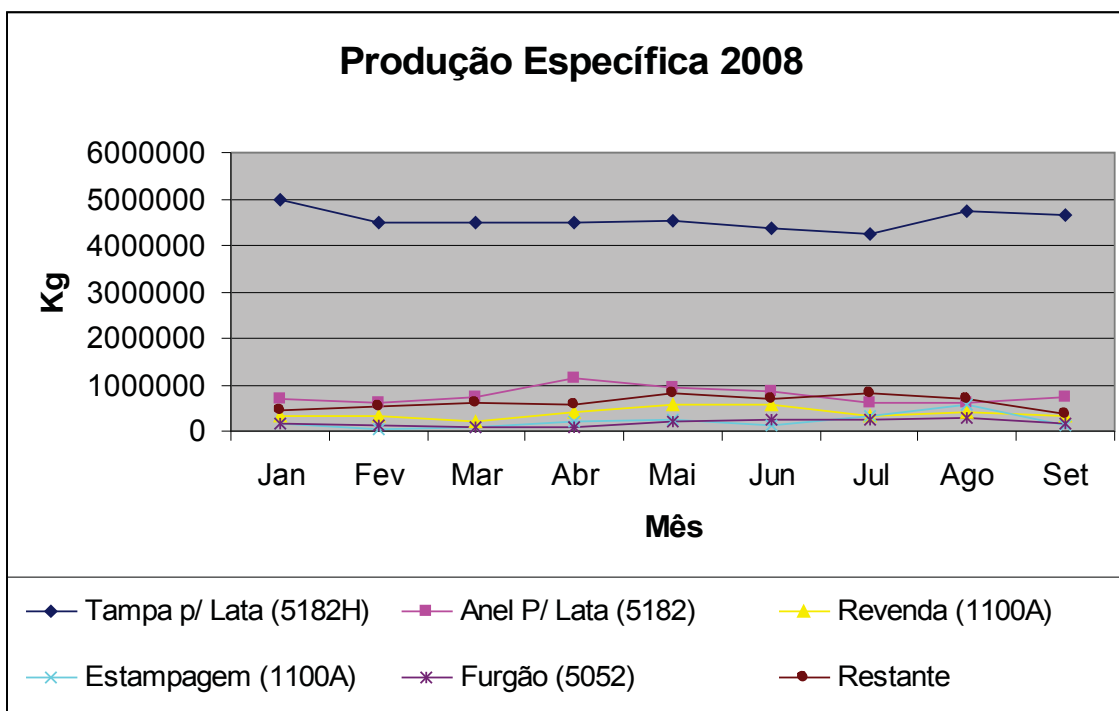


Figura 7.2 - Produção específica 2008.

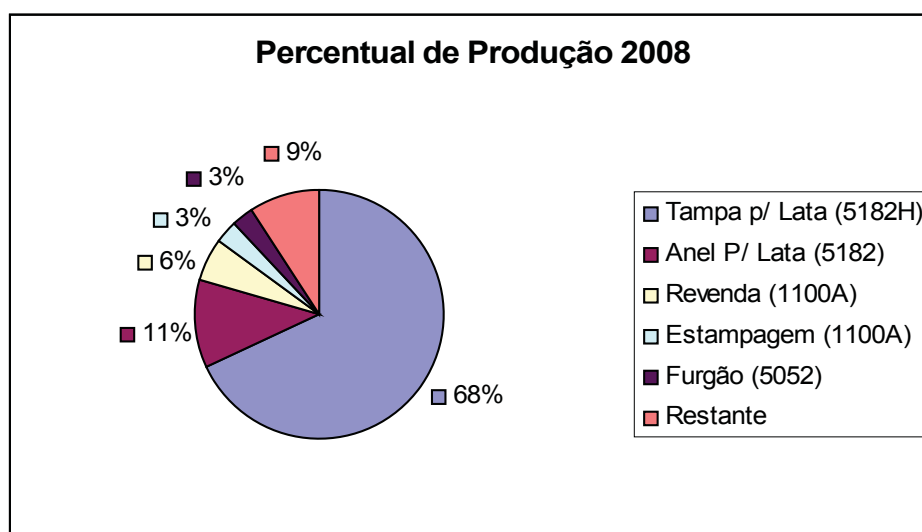


Figura 7.3 - Percentual de Produção 2008.

7.2 DADOS DA PRODUÇÃO APÓS A IMPLANTAÇÃO.

Foi estudado somente um mês após a implantação do projeto devido ao atraso durante a construção e fornecimento de equipamentos e peças. Também devido ao período de teste de todos os equipamentos. Na questão da mecânica e integridade estrutural, não houve nenhuma falha de montagem e poucas falhas durante o período de teste sendo necessárias poucas paradas na linha. No geral a implantação foi um sucesso e o atraso foi o único fator negativo durante toda a implantação.

Quanto à questão financeira, a figura 7.4 representa a produção percentual na PC durante o período de Janeiro de 2009 e a tabela 7.3 mostra a produção comparando com o mês de Janeiro do ano anterior, 2008.

Tabela 7.3 - Produção específica em Janeiro de 2008 e 2009.

PRODUÇÃO JAN/09 E JAN/08		
	jan/08	jan/09
Tampa p/ Lata (5182H)	4983692	5335692
	73,5%	72,9%
Anel P/ Lata (5182)	692098	668542
	10,2%	9,1%
Revenda (1100A)	334680	421652
	4,9%	5,8%
Estampagem (1100A)	148789	168744
	2,2%	2,3%
Furgão (5052)	170934	142987
	2,5%	2,0%
Restante	450378	578413
	6,6%	7,9%
Total =	6780571	7316030

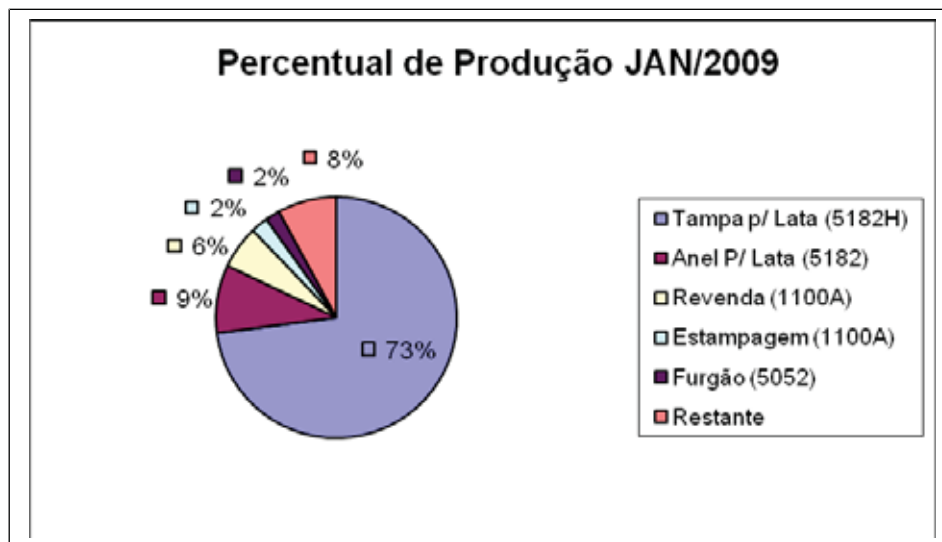


Figura 7.4 - Percentual de produção referente a Janeiro de 2009.

Notamos que a produção de CES e TAB permanece praticamente a mesma. Um leve aumento de produção devido à programação mensal. Já analisando os produtos de IP notamos um sensível aumento no montante. Esse aumento acarretou num faturamento de:

$$\$ IP_{2008} = 1104,8 * 1000 = R\$ 1,105 \text{ milhão}$$

$$\$ IP_{2009} = 1311,8 * 1000 = R\$ 1,312 \text{ milhão}$$

$$\Delta \$ IP = R\$ 207 \text{ mil} \quad \Delta \$ IP = 26,5 \text{ Investimento Inicial}$$

Expectativa de PayBack em 4 meses.

Com isso, analisando apenas o primeiro mês de trabalho, 26,5% do investimento inicial já foi recuperado, o que comprova a expectativa de payback em 4 meses.

8 CONCLUSÕES

Com esse estudo foi verificado o sucesso da implantação do novo sistema de descarte de refiles, objetivo do trabalho.

No primeiro mês já foi constatado um aumento significativo de produção, sem perder a qualidade de acabamento. Esse aumento já foi responsável pela recuperação de 26,5% do investimento inicial, o que mostra um tempo de payback em torno de 4 meses, um ótimo payback levando em consideração o investimento inicial.

Outro ganho está na área da segurança do trabalho, tornando o setor de trabalho com menor risco devido à redução de trânsito de empilhadeiras, além da redução de ruído. Podemos mencionar também a tendência de transferência de todos os sistemas de descarte de produtos, material e resíduos para as áreas externas diminuindo o risco de contaminação e liberando espaço para atividades que agreguem valor ao produto.

Para a produção atual na linha da PC, o sistema está ótimo, com uma boa folga o que possibilita manutenções preventivas com maior frequência. À medida que a produção aumentar e for necessária outra intervenção, o alvo será o sistema de corte e planificadora, atuais “gargalos” da linha.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) CASTRO, Mauricio de Barros – **A RECICLAGEM DO ALUMÍNIO NO BRASIL**, Editora Desiderata, São Paulo, 2006.
- 2) ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – **GUIA TÉCNICO DO ALUMÍNIO: LAMINAÇÃO**, 2º edição, São Paulo. 2004.
- 3) ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – **GUIA TÉCNICO DO ALUMÍNIO: RECICLAGEM**, 1º edição, São Paulo. 2008.
- 4) ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – **FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DO ALUMÍNIO**, São Paulo. 2007.
- 5) ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – **A HISTÓRIA DO ALUMÍNIO NO BRASIL**, Antônio Bellini Editora & Cultura, São Paulo. 2000.
- 6) **MANUAL DE OPERAÇÃO & MANUTENÇÃO – PLANIFICADORA CONTÍNUA** – Fata Hunter - Novelis do Brasil.
- 7) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7556 – **Chapas de alumínio e suas ligas – Especificação**, Rio de Janeiro, 2007.

- 8) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7823 – **Chapas de alumínio e suas ligas – Chapas – Propriedades Mecânicas**, Rio de Janeiro, 2002.
- 9) ABAL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO, Disponível em <<http://www.abal.org.br/>>, acessado em Maio, Junho e Julho, 2008.
- 10) NOVELIS DO BRASIL, Empresa líder em laminados de alumínio, disponível em <<http://www.novelis.com.br/NovelisBrasil>>, acessado em Maio, Junho e Julho, 2008.
- 11) QUICKDRAFT, Empresa líder em transporte pneumático de materiais e sistemas de exaustão, disponível em <<http://www.quickdraft.com/>> , acessado em Agosto e Setembro, 2008.