

CROMAÇÃO DOS CILINDROS DE TRABALHO DA ÚLTIMA CADEIRA DO LAMINADOR A FRIO DA ArcelorMittal Vega PARA FABRICAÇÃO DE MATERIAIS EXTRA-LIMPOS E ULTRA-LARGOS ¹

Magleife Eden Guasti Rampinelli ²

Celso Ney Nogueira ³

Luciano Colzani ⁴

José Luiz Amorim ³

Sérgio dos Santos Rocha ⁵

Michael Schattschneider ⁶

Rochel Alan Gonçalves Lessa ⁷

Kleidon Rodrigues de Almeida ⁸

Jose Carlos Goncalves Bela ⁹

Resumo

A limpeza superficial é uma forte característica de qualidade da tira de aço laminada a frio, pois a concorrência entre as indústrias de manufaturados de aço busca incansavelmente a redução de seus custos, exigindo cada vez mais chapas mais limpas, isentas de resíduos de laminação como óleos e finos de ferro, que venham a propiciar economia através de processos mais simples de limpeza e até a total isenção desse processo nas suas linhas de produção. As indústrias de embalagens de aço podem ser vistas como umas das mais exigentes nesse quesito, pois normalmente não possuem linhas de desengraxe e necessitam de chapas muito limpas e isentas de proteção oleosa devido a seu produto final ser empregado para acondicionamento de produtos do segmento químico, farmacêutico e alimentício. Quando o mercado sinalizou para chapas extra-limpas e ultra-largas (largura superior a 1.800 milímetros), a ArcelorMittal Vega, tradicional fornecedora desse produto em larguras menores, constituiu parcerias com o objetivo de desenvolver novos insumos de laminação, que aliados ao desenvolvimento de novas práticas de operação e processo, viessem a capacitar a empresa ao fornecimento desses materiais.

Palavras-chave: Chapas extra-limpas; Chapas ultra-largas.

CHROME APPLICATION IN THE WORK ROLL OF THE LAST STAND OF THE TANDEM COLD MILL OF ArcelorMittal Vega TO EXTRA CLEAN AND ULTRA LARGE PRODUCTS

Abstract

The cleanness surface is the main quality characteristic of the strip in the tandem cold mill, the competition between the Steel Companies it created a non stop search for lower costs. This search demands a highest cleanness in the strip without oil and iron dust that can propitiate an economy trough a simple cleanness process or an exempt cleaning process in your line production. The steel packing companies can be seen as the most demanding costumers in this subject. Usually your lines of production doesn't have a cleanness process and they have a need of a very clean surface without oil protection, the reason is that their final product will store chemical products, pharmacy products or food. When the steel market changed your target to a clean and ultra-large strips (higher than 1800 millimeters), ArcelorMittal Vega, regular supplier of smaller products, start a partnership whit the purpose of develop new raw material to the mill that allied to the development of new practices of operation and process made that the company was capable to produce and offer these materials.

Key words: Extra cleaning strip; Ultra-large strip

¹ *Contribuição técnica ao 44º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 16 a 19 de outubro de 2007, Campos do Jordão – SP, Brasil.*

² *Engenheiro de Processo da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.*

³ *Consultor Técnico da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.*

⁴ *Supervisor de Processo da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.*

⁵ *Gerente da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.*

⁶ *Técnico de Processo da Gerência de Decapagem e Laminação da ArcelorMittal Vega.*

⁷ *Técnico de Qualidade da CRC do Sul*

⁸ *Técnico de Processo da Gerência de Recozimento e Galvanização da ArcelorMittal Vega*

⁹ *Assessor Técnico da Gerência de Recozimento e Galvanização da ArcelorMittal Vega.*

1 INTRODUÇÃO

A ArcelorMittal Vega, planta de laminação a frio do Grupo Arcelor Mittal, situada em São Francisco do Sul no estado de Santa Catarina, desde seu start up no final de 2004 vem aprimorando o seu processo produtivo numa busca constante da excelência em qualidade para seus produtos, objetivando a completa satisfação de seus clientes.

A planta é constituída de:

- Linha de Decapagem e Laminador a Frio acoplados (PLTCM), com capacidade de produção de 1,0 milhão de toneladas/ano, com versatilidade de desacoplamento para a produção de bobinas a quente decapadas, a Linha de Decapagem, do tipo turbulenta, é composta por Desempenadeira Tensionada, três tanques de decapagem e uma seção de lavagem da tira composta de quatro células distintas. O Laminador a Frio é do tipo quadro contínuo de quatro cadeiras, dotado de cilindros de trabalho e encosto do tipo CVC com deslocamento axial e sistema automático de controle de planicidade, entre outros.
- Linha de Galvanização, tipo por imersão a quente, com capacidade de produção de 500 mil toneladas/ano.
- Linha de Fornos de Recozimento em caixa composta por 12 fornos e 24 bases do tipo Hicon-H2 (alta convecção), tendo como combustível para aquecimento o Gás Natural, com capacidade de produção de 400 mil toneladas/ano.
- Laminador de Encruamento tipo quadro de uma cadeira dotado de Bridle roll na entrada e sistema de controle automático de alongamento, com capacidade de produção de 400 mil toneladas/ano.
- Linha de Rebobinamento e Inspeção de produto acabado com capacidade de produção de 150 mil toneladas/ano.

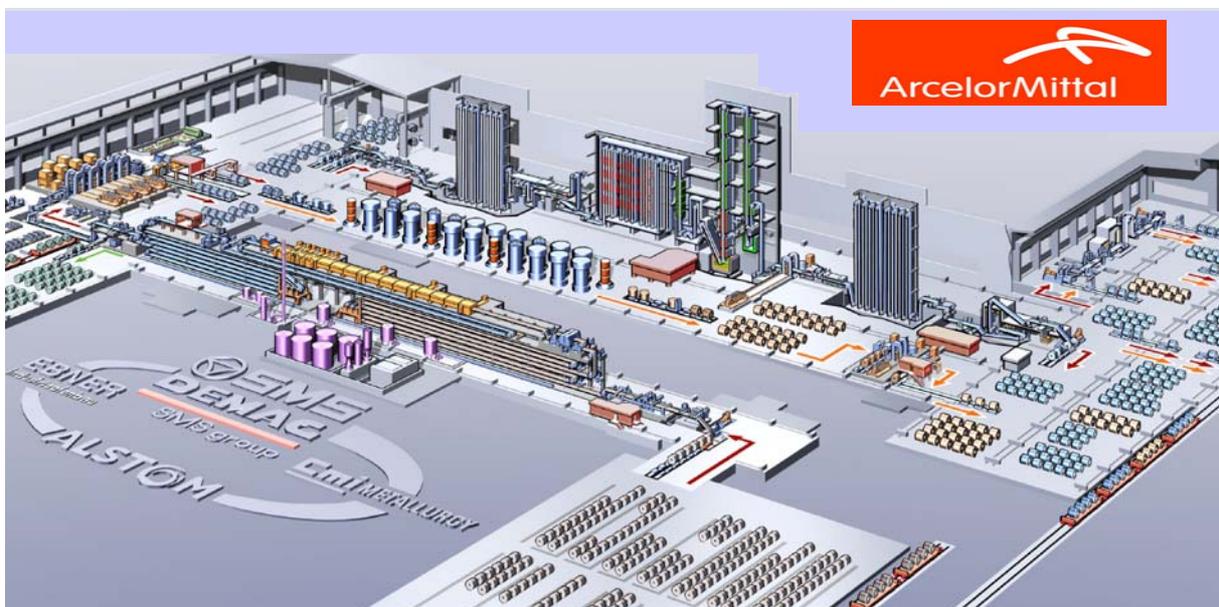


Figura 1 - Esquemático da Planta da ArcelorMittal Vega

Tradicional fornecedora de chapas extra-limpas nuas (sem proteção oleosa contra oxidação) com larguras de até 1500 mm, principalmente para o segmento de embalagens de aço, a ArcelorMittal Vega, deparou-se com novo desafio quando foi sinalizado pelo mercado, a tendência de consumo de chapas extra-limpas e ultra-

largas (largura maior que 1800 milímetros). Para o desenvolvimento do processo desses materiais extra-limpas com larguras médias, já havia sido contemplado o ajuste de várias etapas do processo como:

- 1 - Ajuste das variáveis do sistema de refrigeração do laminador a frio.
- 2 - Ajustes na especificação do óleo de laminação.
- 3 - Adequação de rugosidade dos cilindros de encosto e trabalho.
- 4 - Desenvolvimento de ciclos de recozimento específicos.
- 5 - Ajustes das variáveis do sistema de refrigeração do Laminador de Encruamento.
- 6 - Desenvolvimento de práticas operacionais específicas no Laminador de Encruamento.
- 7 - Instalação de Sistema de Monitoramento e Controle On-Line das variáveis climáticas internas, e instalação de Sistema de Desumidificação de todos os seus pátios de estocagem de produtos acabados.

Sabe-se que maiores larguras em laminados a frio significam obstáculos na obtenção de chapas muito limpas, visto a maior dificuldade de circulação dos gases entre as espiras das bobinas e conseqüente dificuldade de volatilização dos resíduos da laminação (óleo e finos de ferro) durante a fase de recozimento. Ainda como dificuldade podemos acrescentar que as primeiras bobinas que iniciam um cone de laminação em um laminador a frio, têm a tendência de ter uma queda no nível de limpeza superficial, visto o esfriamento do trem de laminação como um todo e principalmente a baixa temperatura dos novos cilindros e a produção de chapas ultra largas tem a tendência de serem as primeiras de um cone de laminação, visto que nem sempre se consegue programar chapas ultra largas “não extra-limpas” para aquecimento do Laminador.

Para contornar essas dificuldades, a ArcelorMittal Vega buscou alternativas como o desenvolvimento de cromação para os cilindros da última cadeira do Laminador a Frio, a implantação de sistema de aplicação direta de emulsão com percentual de concentração diferenciado, a ser aplicada na entrada das cadeiras do Laminador a Frio durante a laminação das primeiras bobinas com o objetivo de reduzir o atrito, aumentar o filme de óleo durante a laminação e reduzir a geração de finos através do aumento da lubrificação, além de desenvolver estudos com o objetivo de aperfeiçoar ciclos de recozimento para maior poder de limpeza.

O Método de Análise e Solução de Problemas “MASP” foi largamente utilizado para auxiliar na detecção de perdas e ganhos e assim indicar as melhores opções de processo para produção desse tipo de material.

Atualmente pode-se afirmar que os excelentes resultados de limpeza superficial e resistência a oxidação obtidos na fabricação desse produto, consolidam a ArcelorMittal Vega como uma das principais fornecedoras de chapas extra-limpas com larguras de até 1875 milímetros.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Observação e Análise

Esse trabalho objetiva o desenvolvimento e a adequação do processo para capacitar a ArcelorMittal Vega na fabricação de chapas extras limpas com larguras superiores a 1800 mm.

Embora a especificação de material extra-limpo varie entre os vários consumidores desse produto, têm-se conceitualmente três principais indicadores para essa definição:

- Índice de refletância maior ou igual a 90%
- Resíduo de carbono menor ou igual a 3 mg/mm²
- Ferro na superfície do produto acabado menor ou igual a 20 mg/mm²

Para início do trabalho optamos por observar a situação, comparando-se os resultados de limpeza superficial obtidos em cada lote laminado e as várias condições de processo em que esses lotes foram produzidos.

2.1.1 Análise dos resultados médios gerais de refletância

Condições de processo:

Laminador a Frio:

- “frio” para larguras ≥ 1800 mm (início de cone de laminação), e aquecido para larguras menores.
- cilindros frios para larguras ≥ 1800 mm (início de cone de laminação), e aquecido para larguras menores.
- acabamento dos cilindros das cadeiras 1, 2 e 3: cromados
- acabamento dos cilindros da cadeira 4: normal

Recozimento em caixa:

- ciclo tipo: extra-limpo

Laminador de Encruamento:

- processo específico para materiais extras limpos

Tabela 1 - Resultados médios de refletância

Material	Laminador a Frio			Produto Acabado			Retrabalho (%)
	Refletância (%)	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	
		Óleo	Fe				
Comum	82	245	19	90	25	2	0
Extra-Limpo Larg ≤ 1300 mm	85	230	15	95	15	1	0
Extra-Limpo Larg ≥ 1800 mm	68	250	25	82	20	2	5

Considerações:

- Observa-se que para materiais extra-limpos de larguras ≤ 1300 mm o índice de refletância apresenta bons resultados dentro da faixa estabelecida para aprovação
- Para materiais extra-limpos de larguras ≥ 1800 mm observa-se que a faixa de refletância estava muito próxima do limite mínimo de aprovação, resultando inclusive em alguns casos de retrabalho ou desvios internos

2.1.2 Análise dos resultados de lotes de material extra-limpo largura ≥ 1800 mm

Condições de processo:

- TCM “frio” → início de cone de laminação
- temperatura dos cilindros TCM → frios (início de cone de laminação)
- acabamento dos cilindros TCM → cadeiras 1, 2 e 3 cromados, cadeira 4 normal
- ciclo de recozimento → extra-limpo 1
- processo de encruamento → extra-limpo

Tabela 2 – Resultados do Lote nº 1

Posição no Cone	Laminador a Frio			Produto Acabado			
	Rug (μm)	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	Refletância (%)
		Óleo	Fe				
1ª	1,62	270	30	65	32	3	75
2ª	1,55			66			74
3ª	1,51			70			76
4ª	1,40	250	28	75	27	2	79
5ª	1,35			80			82
6ª	1,40			82			80
7ª	1,34			81			81
8ª	1,41	230	22	80	25	2	80
Média				76			78

Tabela 3 – Resultados do Lote nº 2

Posição no Cone	Laminador a Frio			Produto Acabado			
	Rug (μm)	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	Refletância (%)
		Óleo	Fe				
1ª	1,58	282	34	64	29	2	73
2ª	1,55			66			76
3ª	1,50			72			74
4ª	1,38	264	29	74	26	2	78
5ª	1,35			78			81
6ª	1,40			82			80
7ª	1,34			81			82
8ª	1,32	245	25	82	21	2	81
Média				75			78

Considerações:

- Observa-se certa dificuldade para obter a refletância dentro da faixa de aprovação
- As primeiras bobinas do lote sempre têm a tendência de saírem com a refletância mais baixa
- As primeiras bobinas são processadas com o Laminador e cilindros frios
- A redução da rugosidade após a laminação das primeiras bobinas auxilia a obtenção de refletâncias mais altas
- Dificuldade em programar bobinas diferentes de extra-limpas para iniciarem o cone de laminação e aquecer o trem e os cilindros

2.2 Plano de Ação

Durante o desenvolvimento ficou constatado que o problema situava-se principalmente durante o processo das primeiras bobinas no Laminador a Frio, provavelmente devido a problemas inerentes ao processo como:

- laminador e cilindros frios (início de cone)
- rugosidade mais alta nas primeiras bobinas com maior geração de finos
- necessidade de redimensionamento do ciclo de recozimento para facilitar a volatilização do óleo de laminação e finos de Ferro

Identificadas as possíveis causas, e visto a impossibilidade de se programar outros materiais “não extra-limpos” para iniciarem o cone de laminação para aquecimento dos cilindros, elaborou-se um plano de trabalho contemplando-se as seguintes ações:

- aumento da lubrificação cilindro/tira durante a laminação das primeiras bobinas, através da implantação de aplicação direta de emulsão com concentração diferenciada na entrada das cadeiras do laminador a frio
- reduzir a geração de finos de ferro durante a laminação na última cadeira do laminador a frio através da cromação dos cilindros de trabalho
- otimizar a volatilização do óleo e finos de Fe nos fornos de recozimento através do redimensionamento dos ciclos de recozimento para materiais extra-limpose ultra largos

2.2.1 Lotes experimentais nº 1 e 2 de material extra-limpo de largura ≥ 1800 mm

Condições de processo:

- TCM “frio” → início de cone de laminação
- temperatura dos cilindros TCM → frios (cilindros novos)
- acabamento dos cilindros TCM cadeiras 1, 2, 3 e 4 → cromados
- ciclo de recozimento → extra-limpo 1
- processo de encruamento → extra-limpo

Tabela 4 – Resultados do Lote Experimental nº 1

Posição no Cone	Laminador a Frio				Produto Acabado		
	Rug (μm)	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	Refletância (%)
		Óleo	Fe				
1 ^a	1,71	260	20	77	21	2	76
2 ^a				75			77
3 ^a	1,91			76			75
4 ^a							
5 ^a	1,57			82			80
6 ^a							
7 ^a	1,45			81			82
8 ^a							
9 ^a	1,67	230	15	81	18	1	82
10 ^a	1,61			79			80
11 ^a	1,39			83			83
Média				79			79

Tabela 5 – Resultados do Lote Experimental nº 2

Posição no Cone	Laminador a Frio				Produto Acabado		
	Rug	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	Refletância (%)
		Óleo	Fe				
1 ^a	1,77	262	24	76	23	2	75
2 ^a				75			77
3 ^a	1,62			77			80
4 ^a							
5 ^a	1,45			81			82
6 ^a							
7 ^a	1,67	228	22	81	18	1	82
8 ^a	1,61			80			80
9 ^a	1,39			82			83
Média				79			80

Considerações:

- observa-se pequena melhora nos índices de refletância na saída do Laminador a Frio e produto acabado
- resultados ainda não conferem total capacidade ao processo desses materiais

2.2.2 Lote experimental nº 3 de material extra-limpo de largura ≥ 1800 mm**Condições de processo:**

- trem de laminação “frio” → início de cone de laminação
- cilindros TCM “frios” (novos)
- cilindros TCM cad’s 1, 2, 3 e 4 → cromados
- aplicação direta de emulsão → concentração de 5% de óleo na entrada das cadeiras 1,2 e 3
- ciclo de recozimento → extra-limpo 1
- processo de encruamento → extra-limpo

Tabela 6 – Resultados do Lote Experimental nº 3

Posição no Cone	Laminador a Frio				Produto Acabado		
	Rug (μ m)	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	Refletância (%)
		Óleo	Fe				
1 ^a	1,65	242	25	78	23	2	80
2 ^a				78			81
3 ^a	1,62			79			80
4 ^a				79			82
5 ^a	1,48	230	20	81	19	1	82
6 ^a				81			85
Média				79			82

Considerações:

- A utilização de cilindros cromados na última cadeira aliado com a implantação de aplicação direta de emulsão na entrada das cadeiras propiciou uma nova melhora no índice de refletância na saída do Laminador a Frio
- A refletância do produto acabado também teve uma pequena melhora, porém ainda abaixo da expectativa dos responsáveis pelo trabalho
- resultados apontavam para a necessidade de ajustes no ciclo de recozimento

2.2.3 Lote experimental nº 4 de material extra-limpo de largura ≥ 1800 mm

Condições de processo:

- trem de laminação “frio” → início de cone
- cilindros TCM frios (novos)
- cilindros TCM cad's 1, 2, 3 e 4 → cromados
- aplicação direta de emulsão → concentração de 5% de óleo na entrada das cadeiras 1,2 e 3
- ciclo de recozimento → extra-limpo 2 (redimensionado)
- processo de encruamento → extra-limpo 1

Tabela 7 – Resultados do Lote Experimental nº 4

Posição no Cone	Laminador a Frio				Produto Acabado		
	Rug	Plate Out (mg/m ²)		Refletância (%)	Fe Superf. (mg/m ²)	RC (mg/m ²)	Refletância (%)
		Óleo	Fe				
1 ^a	1,77	240	23	78	20	1	89
2 ^a							
3 ^a							
4 ^a	1,55			83			91
5 ^a							
6 ^a	1,40			82			90
7 ^a							
8 ^a	1,35	232	18	87	16	1	92
9 ^a							
10 ^a	1,33			87			91
11 ^a							
12 ^a	1,31			88			93
13 ^a							
14 ^a	1,33	228	19	89	11	1	92
Média				85			92

Considerações:

- A utilização de cilindros cromados na última cadeira aliado com a implantação de aplicação direta de emulsão na entrada das cadeiras propiciou uma nova melhora no índice de refletância na saída do Laminador a Frio
- A refletância do produto acabado também teve uma pequena melhora, porém ainda abaixo da expectativa dos responsáveis pelo trabalho
- resultados apontavam para a necessidade de ajustes no ciclo de recozimento

3 RESULTADOS

Os gráficos abaixo mostram a evolução dos resultados obtidos através da implantação de cada fase do trabalho, onde claramente observam-se os ganhos unitários e acumulativos de cada ação.

3.1 Evolução dos resultados de limpeza de superfície nos materiais extra-limpos largura ≥ 1800 mm na saída do Laminador de Tiras a Frio

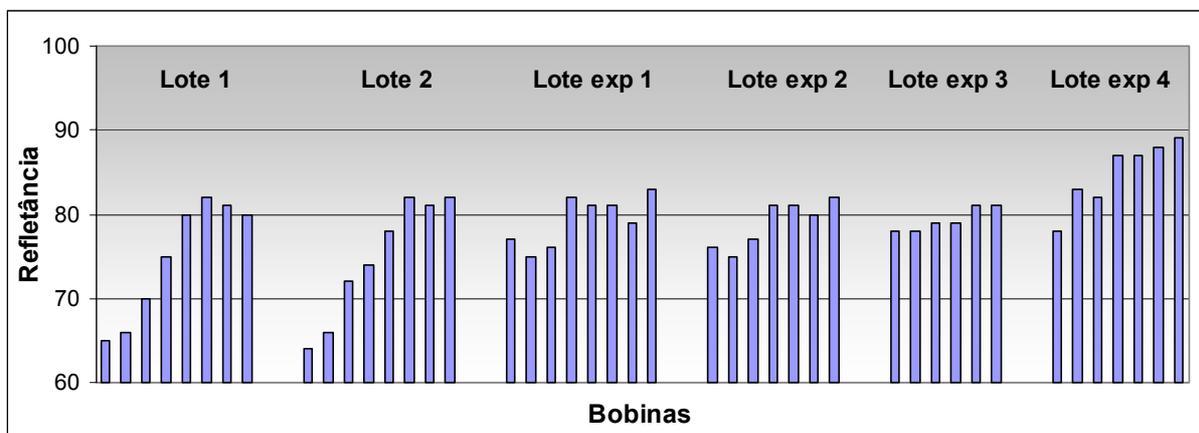


Figura 2 - Evolução da refletância em materiais extra-limpo largura ≥ 1800 mm

3.2 Evolução dos resultados de limpeza de superfície nos materiais extra-limpos largura ≥ 1800 mm no produto acabado.

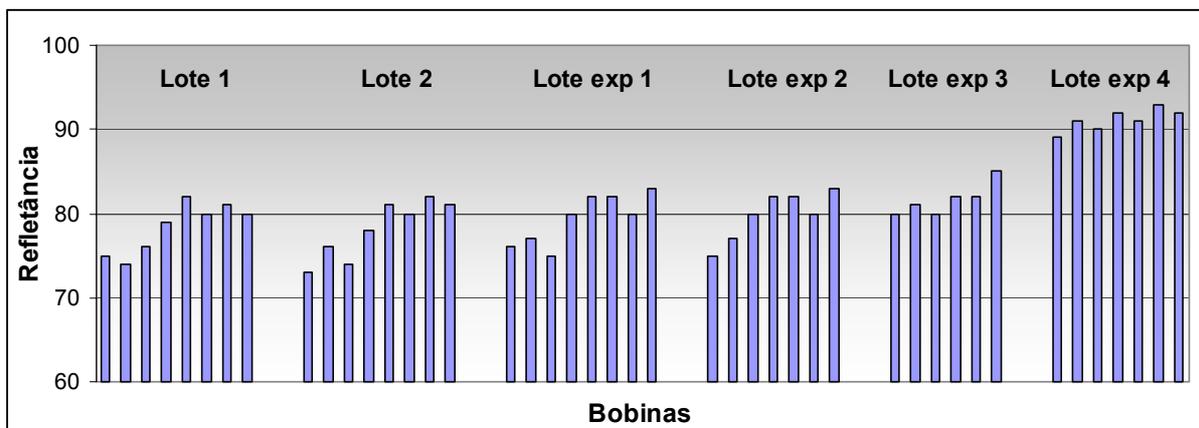


Figura 3 - Evolução da refletância em materiais extra-limpo largura ≥ 1800 mm

Lote 1 – Processo normal

Lote 2 – Processo normal

Lote Experimental 1 – Implantação de cilindros cromados na 4ª cadeira

Lote Experimental 2 – Implantação de cilindros cromados na 4ª cadeira

Lote Experimental 3 – Implantação de aplicação direta de emulsão a 5% na entrada das cadeiras 1, 2 e 3.

Lote Experimental 4 – Implantação do ciclo de recozimento extra-limpo redimensionado

4 CONCLUSÃO

O trabalho em grupo, com a participação de especialistas das várias etapas do processo produtivo, de suporte técnico a produção e de engenharia, através de estudos de desenvolvimento e aplicação de metodologia específica para solução de problemas, possibilitou a determinação de novos parâmetros de processo e novos métodos operacionais para a fabricação desses materiais extra-limpos e ultra-largos, com excelentes resultados de limpeza superficial, homologando a ArcelorMittal Vega como uma das principais fornecedoras desse tipo de produto.