

A EXPERIÊNCIA DA COSIPA NA UTILIZAÇÃO DE BALANÇA FERROVIÁRIA DINÂMICA⁽¹⁾

Arthur J. Costa Filho (2)

Renato Figueira Jr (3)

José Manoel de Simões Henriques (4)

Luiz Ernandes da Silva (5)

Ulisses Tetti (6)

Sidney Madarazzo (7)

Resumo

A decisão de incrementar o abastecimento de matérias primas na COSIPA por via ferroviária, gerou a necessidade de otimizar todas as etapas deste ciclo (embarcadouros / transporte / descarga). Este trabalho aborda a etapa de redução do tempo de permanência dos trens na Usina de Cubatão, e mais especificamente através da utilização de nova tecnologia de pesagem de trens em movimento. O uso deste equipamento eliminou o tempo antes necessário para pesar os vagões em balança estática, reduziu custos com a manutenção de balança, e melhorou a confiabilidade dos valores de peso obtidos, uma vez que deixou de ser realizada por amostragem (30%) e utilizando tara nominal, passando a pesar 100% de todos os vagões carregados e vazios. Apesar do equipamento ter sido submetido ao INMETRO e receber a portaria de homologação (INMETRO/DIMEL N°101 de 30 de Julho de 2001), utilizamos as balanças de pesagem dinâmica e estática (que é homologada e certificada pelo INMETRO), para criar um banco de dados de tamanho suficiente, com pesagens de vagões carregados e vazios, para constatar estatisticamente que não há diferença entre esses valores.

Palavras-chave: Pesagem em movimento, confiabilidade, redução de custos, otimização.

(1) Trabalho a ser apresentado no XXIV Seminário de Logística

(2) COSIPA – Analista de Logística

(3) COSIPA – Assistente Transporte ferroviário

(4) COSIPA – Analista Transporte ferroviário

(5) COSIPA – Supervisor Manutenção Balanças

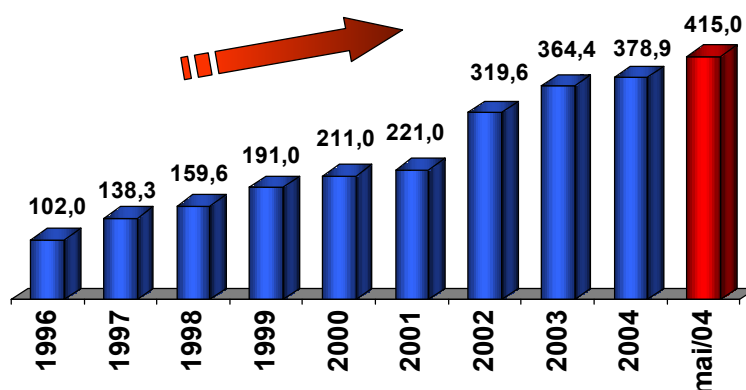
(6) COSIPA – Analista Suporte técnico da Redução

(7) TOLEDO – Gerente de Eng^a de sistemas

1 INTRODUÇÃO

O gráfico abaixo mostra o nível de evolução no abastecimento de matérias primas na COSIPA pelo modo ferroviário. Para alcançar esse patamar foi necessário identificar e eliminar vários gargalos verificados ao longo de todo o ciclo de abastecimento.

Valores em mil toneladas(média / mês)



Fonte: ICL - Gerência de Logística e Transporte Externo

A otimização desse ciclo deu-se através de parcerias entre a COSIPA e seus fornecedores de matérias primas e serviços (transbordo e transporte).

Nos embarcadouros os principais ganhos foram obtidos através de:

- Redução no tempo de carregamento dos trens
- Aumento da carga média embarcada nos vagões
- Gestão diária na distribuição da frota aos pontos de carregamento

No transporte ferroviário os principais ganhos foram obtidos através de:

- Otimização no uso do sistema CREMALHEIRA – Serra do Mar
- Aumento na quantidade de vagões que compõem os trens tipo
- Sincronismo entre as paradas preventivas dos sistemas cremalheira e descarga na COSIPA
- Gestão diária no acompanhamento da frota (vazios / carregados)

No processo de descarga na COSIPA os principais ganhos foram obtidos através de:

- Reforma do VIRADOR de vagões
- Aumento da capacidade das correias transportadoras do sistema de descarga de 670 t/h para 1.200 t/h
- Redução do tempo médio de permanência dos trens na Usina de 18 para 14 horas

A utilização de pesagem em movimento teve influência direta na redução do tempo médio de permanência dos trens na Usina da COSIPA, e será objeto da apresentação deste trabalho.

O aumento da capacidade de descarga do virador de vagões da COSIPA, deslocou gargalo da movimentação interna dos vagões na Usina do ponto de descarga (virador de vagões) para o ponto de pesagem, gerando paradas no ponto de descarga devido a falta vagões.

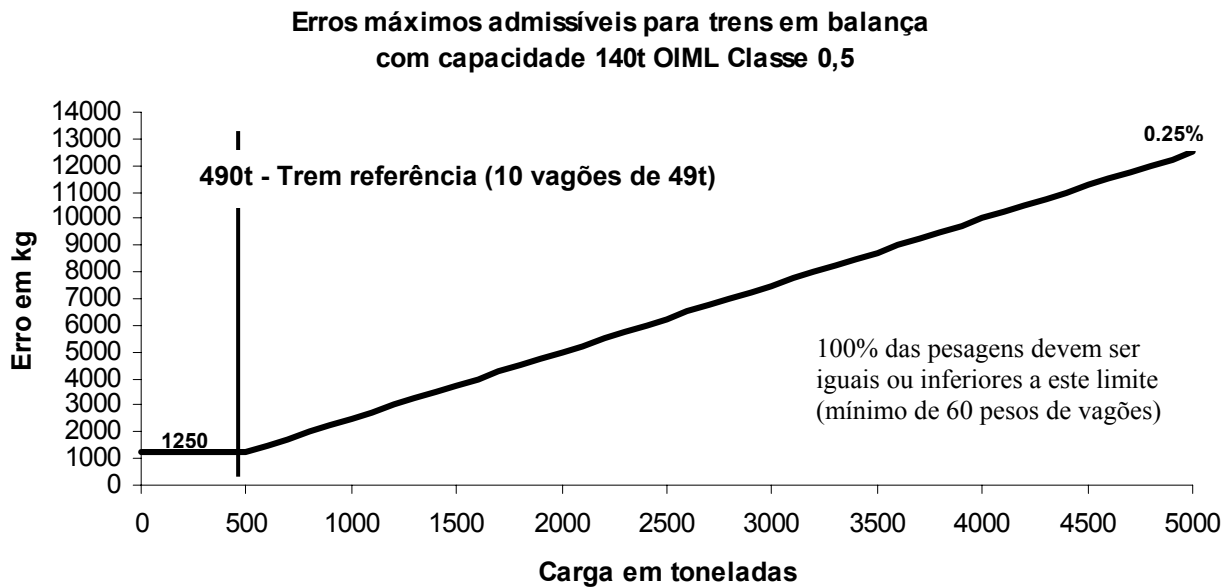
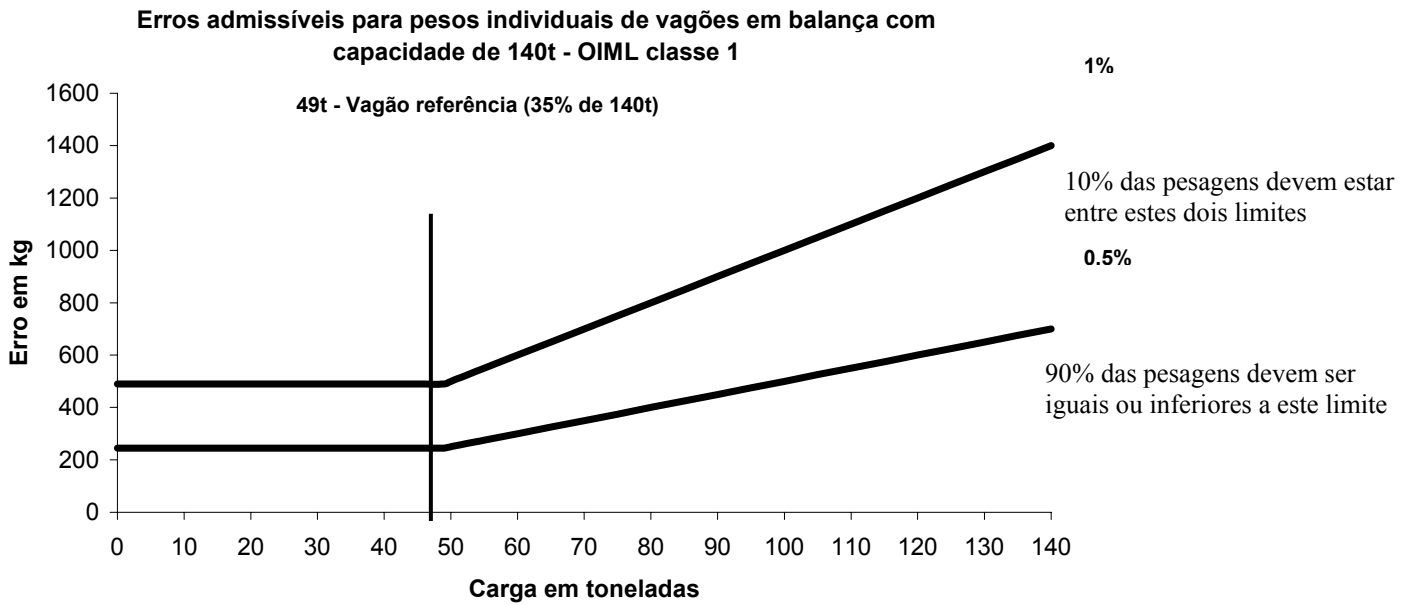
Uma nova tecnologia aplicada ao processo de pesagem foi a solução vislumbrada para eliminar este gargalo. A seguir relataremos os resultados de todos os testes realizados, e os benefícios obtidos pela COSIPA na adoção de pesagem em movimento (dinâmica) em substituição ao processo de pesagem estática, com redução de custos com manutenção e melhoria da qualidade da informação (confiabilidade), verificada através de análise estatística que buscou evidenciar diferenças entre dados de pesagem obtidos em pares – balança dinâmica X estática.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente calibrou-se a balança dinâmica através de comparação de sua indicação contra valores de origem confiável (balança estática). Foi dada ênfase aos trens de minério com cerca de 22 vagões, onde o recebimento sempre ocorre com as locomotivas puxando a composição no sentido norte - sul (sentido C) e a retirada dos vagões vazios sempre ocorre com as locomotivas puxando a composição no sentido sul-norte (sentido A).

Critério de Aprovação: O sistema formado pela balança e pelo local de instalação é considerado aprovado se os testes após calibração mostrarem o atendimento da portaria de homologação (INMETRO/DIMEL N°101 de 30 de Julho de 2001), ou seja: - Classe 1 (0,5%) para pesos de vagões e classe 0,5 (0,25%) para trens, expressa nos dois gráficos que seguem:

A)Vagões:



A) Testes com os vagões carregados – Planilha 1

- 1) Efetuamos a calibração com peso de cada vagão sendo multiplicado pelo fator médio da composição.
- 2) Os testes foram efetuados em três baterias onde se procurou verificar se só esta calibração era suficiente e se haveria diferenças significativas com diferentes velocidades de traslado da composição.
- 3) No teste “A” tivemos velocidades praticamente constantes na faixa de 5 a 6 km/h. O erro na obtenção do peso bruto dinâmico em relação ao peso bruto estático foi de **0,01%**.
- 4) No teste “B” tivemos velocidades praticamente constantes na faixa de 7 a 8 km/h. O erro na obtenção do peso bruto dinâmico em relação ao peso bruto estático foi de **-0,04%**.
- 5) No teste “C” tivemos velocidades praticamente constantes na faixa de 4 a 5 km/h. O erro na obtenção do peso bruto dinâmico em relação ao peso bruto estático foi de **-0,11%**.

B) Testes com os vagões vazios – Planilha 2, 3 e 4

- 1) Efetuamos a calibração com peso de cada vagão sendo multiplicado pelo fator médio da composição.
- 2) Os testes foram efetuados em três baterias onde se procurou verificar se só esta calibração era suficiente e se haveria diferenças significativas com diferentes velocidades de traslado da composição.
- 3) No teste “A” tivemos velocidades praticamente constantes na faixa de 5 a 6 km/h. O erro na obtenção do peso de tara dinâmico em relação ao peso de tara estático foi de **0,07%**.
- 4) No teste “B” tivemos velocidades praticamente constantes na faixa de 6 a 8 km/h. O erro na obtenção do peso de tara dinâmico em relação ao peso de tara estático foi de **0,07%**.
- 5) No teste “C” tivemos velocidades praticamente constantes na faixa de 5,5 a 7,5 km/h. O erro na obtenção do peso de tara dinâmico em relação ao peso de tara estático foi de **0,01%**.
- 6) Apesar de obtermos um melhor resultado a 5,5 a 7,5km/h, todas as demais velocidades também forneceram resultados abaixo de **± 0,25%** de erro para o peso bruto total da composição.

- 7) Apesar da determinação do peso de tara da composição estar extremamente exata e dentro das curvas OIML, alguns vagões apresentavam erros individuais maiores que os demais, porém repetitivos (figura 1), o que nos indicou ser esta a representação típica (espectro) do trajeto (local) para vagões vazios.
- 8) Decorrentes do exposto acima e sendo também nosso desejo inicialmente controlar as taras individuais dos vagões, determinamos fatores individuais (coluna D) de correções adicionais para os vagões de acordo com a sua posição e que passarão a ser aplicados a cada um dos vagões vazios.
- 9) Com o uso destes fatores o resultado será o apresentado na planilha 4 que limita as variações dos vagões a $\pm 0,4\%$. Vide figura 2.

C) Método de comparação - Estatística t de Student (Planilhas 5, 6 e 7)

Os testes descritos até aqui foram realizados com um lote de 22 vagões logo após a instalação da balança dinâmica. Passados alguns meses de acompanhamento formou-se um banco de dados com **595** valores em pares, cada valor correspondendo a pesagem de 1 determinado vagão carregado, vazio e nas duas balanças, o que possibilitou a utilização da estatística t de student para comparação de valores pareados.

3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

Vagões carregados:

- 1) O sistema formado pela balança e o local de instalação atendeu a portaria com excelente performance em repetibilidade e exatidão na determinação do peso bruto total de composição e no peso individual dos vagões, não apresentando erros maiores que o especificado.
- 2) Apesar de obtermos um melhor resultado na faixa de 4-5km/h, todas as demais velocidades também forneceram resultados abaixo de $\pm 0,25\%$ de erro para o peso bruto total da composição e valores semelhantes para os pesos individuais dos vagões e, portanto não deve haver restrições para o traslado na faixa de 3-10km/h.

PLANILHA 1										
BATERIA DE TESTES EFETUADOS COM VAGÕES CARREGADOS										
Pesos Estáticos Informados	Pesos Dinâmicos	Erro em kg	% Erro Vagão	Pesos Estáticos Informados	Pesos Dinâmicos		Erro em kg		% Erro Vagão	% Erro Vagão
	A 5-6 km/h	A1	A2		B 7-8 km/h	C 4-5 km/h	B1	C1	B2	C2
119,72	120,23	510	0,43%	117	117,32	116,82	320	180	0,27%	-0,15%
122,48	121,66	-820	-0,67%	120,7	119,95	119,69	-750	1010	-0,62%	-0,84%
123,12	124,04	920	0,75%	121,02	121,69	121,25	670	-230	0,55%	0,19%
125,36	124,72	-640	-0,51%	120,48	120,68	120,6	200	-120	0,17%	0,10%
126,24	126,07	-170	-0,13%	120,32	119,89	119,71	-430	610	-0,36%	-0,51%
122,44	122,79	350	0,29%	125,28	125,67	125,47	390	-190	0,31%	0,15%
120,36	120,1	-260	-0,22%	126,42	126,34	126,22	-80	200	-0,06%	-0,16%
121,28	121,71	430	0,35%	120,98	120,91	121,06	-70	-80	-0,06%	0,07%
116,34	116,33	-10	-0,01%	116,89	116,89	116,6	0	290	0,00%	-0,25%
125,04	125,07	30	0,02%	118,74	118,86	118,98	120	-240	0,10%	0,20%
125,78	125,66	-120	-0,10%	121,38	121,21	121,25	-170	130	-0,14%	-0,11%
124	124	0	0,00%	119,44	119,4	119,45	-40	-10	-0,03%	0,01%
120,84	120,8	-40	-0,03%	117,58	117,86	117,58	280	0	0,24%	0,00%
117,98	117,98	0	0,00%	120,94	121,03	121,03	90	-90	0,07%	0,07%
125,66	125,82	160	0,13%	121,3	121,03	121,09	-270	210	-0,22%	-0,17%
122,94	123,08	140	0,11%	120,62	120,04	120,11	-580	510	-0,48%	-0,42%
123,48	123,4	-80	-0,06%	120,54	120,46	120,48	-80	60	-0,07%	-0,05%
120,62	120,84	220	0,18%	119,08	119,1	119,04	20	40	0,02%	-0,03%
125,1	125,16	60	0,05%	119,94	119,76	119,78	-180	160	-0,15%	-0,13%
120	119,69	-310	-0,26%	122	121,85	121,86	-150	140	-0,12%	-0,11%
119,22	119,07	-150	-0,13%	120,94	120,76	120,92	-180	20	-0,15%	-0,02%
122,6	122,72	120	0,10%	119,6	119,51	119,41	-90	190	-0,08%	-0,16%
121,52	121,49	-30	-0,02%	2651,19	2650,21	2648,4	-980	2790	-0,04%	-0,11%
2812,12	2812,43	310	0,01%							

Vagões vazios:

- 1) O sistema formado pela balança e o local de instalação atendem a portaria com excelente performance em repetibilidade e exatidão na determinação do peso bruto total de composição e no peso individual dos vagões.
- 2) Após a correção individual o sistema excedeu a sua classe na determinação do peso individual dos vagões vazios.
- 3) Apesar de obtermos um melhor resultado na faixa de 5,5 a 7,5 km/h, todas as demais velocidades também forneceram resultados abaixo de $\pm 0,25\%$ erro para o peso bruto total da composição e valores semelhantes para os pesos individuais dos vagões e, portanto não deve haver restrições para o traslado na faixa de 5-10km/h.

PLANILHA 2 BATERIA DE TESTES EFETUADOS COM VAGÕES VAZIOS									
Pesos Estáticos Informados	Pesos Dinâmicos			Erro em kg			Erro % entre valores estáticos e dinâmicos		
	A 5-6 km/h	B 6-8 km/h	C 5,5-7,5 km/h	A1 5-6 km/h	B1 6-8 km/h	C1 5,5-7,5 km/h	A2 5-6 km/h	B2 6-8 km/h	C2 5,5-7,5 km/h
25,40	25,29	25,27	25,37	110	130	30	0,43%	0,51%	0,12%
24,54	24,53	24,58	24,53	10	-40	10	0,04%	-0,16%	0,04%
25,20	25,38	25,48	25,26	-180	-280	-60	-0,71%	-1,11%	-0,24%
25,42	25,57	25,40	25,53	-150	20	-110	-0,59%	0,08%	-0,43%
24,92	24,95	24,89	24,97	-30	30	-50	-0,12%	0,12%	-0,20%
24,52	24,69	24,59	24,68	-170	-70	-160	-0,69%	-0,29%	-0,65%
25,68	25,81	25,81	25,81	-130	-130	-130	-0,51%	-0,51%	-0,51%
25,64	25,81	25,81	25,81	-170	-170	-170	-0,66%	-0,66%	-0,66%
25,06	24,98	24,95	24,92	80	110	140	0,32%	0,44%	0,56%
24,48	24,43	24,40	24,46	50	80	20	0,20%	0,33%	0,08%
25,36	25,40	25,37	25,37	-40	-10	-10	-0,16%	-0,04%	-0,04%
24,28	24,35	24,37	24,30	-70	-90	-20	-0,29%	-0,37%	-0,08%
25,00	24,92	24,86	24,90	80	140	100	0,32%	0,56%	0,40%
25,14	25,32	25,26	25,33	-180	-120	-190	-0,72%	-0,48%	-0,76%
25,82	25,83	25,79	25,84	-10	30	-20	-0,04%	0,12%	-0,08%
24,88	24,88	24,80	24,87	0	80	10	0,00%	0,32%	0,04%
24,44	24,37	24,26	24,33	70	180	110	0,29%	0,74%	0,45%
25,14	25,16	25,15	25,13	-20	-10	10	-0,08%	-0,04%	0,04%
24,16	24,05	23,94	24,01	110	220	150	0,46%	0,91%	0,62%
24,80	24,72	24,74	24,70	80	60	100	0,32%	0,24%	0,40%
24,82	24,88	24,83	24,85	-60	-10	-30	-0,24%	-0,04%	-0,12%
24,96	24,81	24,79	24,81	150	170	150	0,60%	0,68%	0,60%
25,24	25,18	25,17	25,15	60	70	90	0,24%	0,28%	0,36%

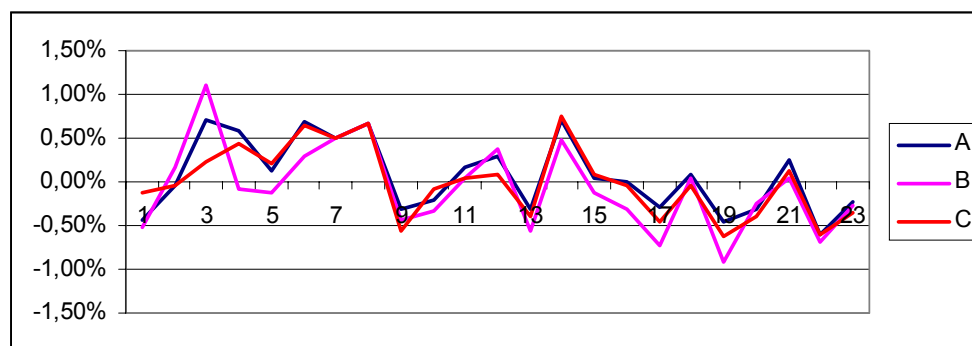


Figura 1. Erros - planilha 2

PLANILHA 3 FATORES DE CORREÇÃO PARA VAGÕES VAZIOS				
Pesos Estáticos Informados	Pesos Dinâmicos			D Fatores de Correção individuais
	A 5-6 km/h	B 6-8 km/h	C 5,5-7,5 km/h	
25,40	25,29	25,27	25,37	1,003556
24,54	24,53	24,58	24,53	0,999728
25,20	25,38	25,48	25,26	0,993169
25,42	25,57	25,4	25,53	0,996863
24,92	24,95	24,89	24,97	0,999332
24,52	24,69	24,59	24,68	0,994592
25,68	25,81	25,81	25,81	0,994963
25,64	25,81	25,81	25,81	0,993413
25,06	24,98	24,95	24,92	1,004409
24,48	24,43	24,4	24,46	1,002047
25,36	25,4	25,37	25,37	0,999212
24,28	24,35	24,37	24,3	0,997535
25,00	24,92	24,86	24,9	1,004285
25,14	25,32	25,26	25,33	0,993545
25,82	25,83	25,79	25,84	1,000000
24,88	24,88	24,8	24,87	1,001207
24,44	24,37	24,26	24,33	1,004934
25,14	25,16	25,15	25,13	0,999735
24,16	24,05	23,94	24,01	1,006667
24,80	24,72	24,74	24,7	1,003236
24,82	24,88	24,83	24,85	0,998659
24,96	24,81	24,79	24,81	1,006316
25,24	25,18	25,17	25,15	1,002914
574,90	575,31	574,51	574,93	

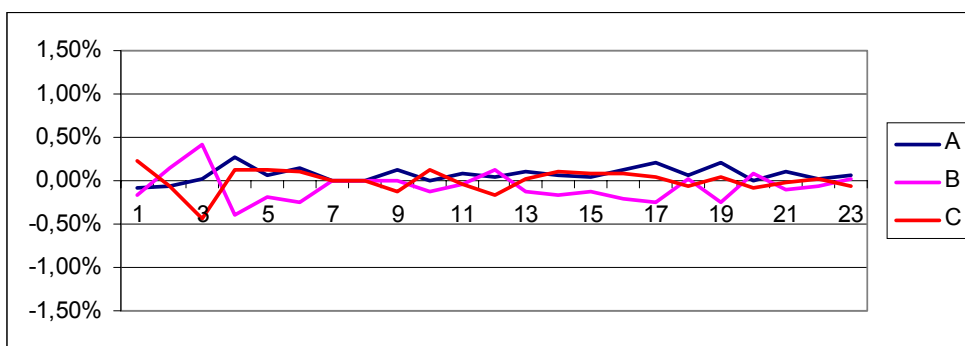


Figura 2. Variação após aplicação do fator de correção à Planilha 2

Comparação pela estatística t de STUDENT

- Comparação do peso bruto (Vagões carregados) : Planilha 5

	Média	Desvio Padrão	nº dados	diferença	Desvio Padrão das Diferenças	t	graus de liberdade	p valor
PBD *	107,0292	12,01798						
PBE **	106,9755	12,01444	595	0,053613	0,3130687	4,17727	594	3,39E-05

Peso bruto dinâmico e ** Peso bruto estático

Nota – se diferença média de 54 kg nas medições de 107000 kg . A diferença é pequena mas sistemática e confirmada estatisticamente. Chance de 40 em um milhão da diferença encontrada nesses dados serem devido ao acaso !

- Comparação da tara (Vagões vazios) : Planilha 6

	Média	Desvio Padrão	nº dados	diferença	Desvio Padrão das Diferenças	t	graus de liberdade	p valor
TD *	21,43261	2,310783						
TE **	21,37571	2,301592	595	0,056891	0,12494	11,10705	594	3,57E-26

Tara dinâmica e ** Tara estática

Nota – se diferença média de 57 kg nas medições de 21400 kg . A diferença é pequena mas sistemática e confirmada estatisticamente. Sem chance da diferença encontrada nesses dados serem devido ao acaso !

- Comparação do peso líquido : Planilha 7

	Média	Desvio Padrão	nº dados	diferença	Desvio Padrão das Diferenças	t	graus de liberdade	p valor
LD *	85,59655	10,59316						
LE **	85,59983	10,59573	595	-0,00328	0,3644421	-0,21936	594	0,826449

Líquido dinâmico e ** Líquido estático

Não há diferença , pois na realidade não é efeito de pesagem e sim da diferença numérica entre duas pesagens , sendo as duas com valores cerca de 54 a 57 kg (no caso da dinâmica) maiores que as da balança estática . Quando da operação de subtração , os efeitos se anulam

							Requisito da Norma
				DIFB	DIFT	DIFL	OIML - Classe 1
Nº de vagões com mais de 0,5% de variação				36,00	43,00		
Nº de vagões com mais de -0,5% de variação				10,00	2,00		
Total				46	45		
Percentual de vagões dentro da especificação				92,27	92,44		> 90 %
Nº de vagões com mais de 1% de variação				4	1		
Nº de vagões com mais de -1% de variação				2	0		
Soma das diferenças dos pesos				31,9	33,85	-1,95	
Média das diferenças dos pesos				0,054	0,057	-0,003	

DIFB/T/L- Diferença de peso bruto / tara / líquido

4 CONCLUSÕES

A balança dinâmica pesou em cada operação , cêrca de 55 kg a mais que a balança estática . Quando comparando peso líquido , que é resultado de uma subtração : Peso Bruto – Peso do Vagão , esse efeito é anulado e os resultados das duas balanças ficam equivalentes. Foi realizado o ajuste do “Zero” desta balança em relação a balança estática (55 Kg).

A balança dinâmica atende a portaria de homologação INMETRO/DIMEL N°101 de 30/07/2001 – Classe 1, e portanto está adequada a finalidade a que se destina.

Agradecimentos

Ao Engº Ulisses Tetti, do suporte técnico da área de redução da COSIPA, pela competente análise estatística dos dados.

Ao Engº José Manoel e Sr. Renato Figueira Jr., do transporte ferroviário da COSIPA, pela preciosa ajuda no treinamento dos operadores no novo equipamento.

Ao Sr. Luiz Ernandes (e equipe), da área de manutenção de equipamentos especiais da COSIPA, pelo envolvimento na fase de instalação e testes do novo equipamento.

Ao Engº Sidney Madarazzo da TOLEDO e toda sua euipe, pela atenção e dedicação dispensados aos funcionários da COSIPA, durante todas as fases de implantação do novo sistema de pesagem.