

## Utilização de Nível Eletrônico no Nivelamento de Manutenção dos Rolos Refratários em Fornos Cerâmicos

**Vilson Menegon Bristot<sup>a\*</sup>, Vilmar Menegon Bristot<sup>b\*</sup>, Lirio Schaeffer<sup>a</sup>,  
João Bosco da Mota Alves<sup>c</sup>, Vilson Gruber<sup>d</sup>, Jovani Castelan<sup>e</sup>**

<sup>a</sup>*Centro de Tecnologia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil*

<sup>b</sup>*Instituto Maximiliano Gaidzinski – IMG, CEP 88845-000, Cocal do Sul, SC, Brasil*

<sup>c</sup>*Laboratório de Experimentação Remota, Departamento de Engenharia do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, CEP 88040-970, Florianópolis, SC, Brasil*

<sup>d</sup>*Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Campus Araranguá, SC, Brasil*

<sup>e</sup>*Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina, Faculdade SATC, CEP 88801-140, Criciúma, SC, Brasil*

*\*e-mail: vilson.bristot@eliane.com, vilmar@imgnet.org.br*

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é realizar o nivelamento de manutenção nos rolos refratários dos fornos de indústrias de placas de revestimentos cerâmicos com altíssimo nível de precisão e sem que seja necessária a parada de produção do equipamento. O desnivelamento dos rolos refratários nestes fornos pode causar nas placas de revestimento o chamado empenamento. Esta deformação pode ser côncava, quando o empenamento é negativo (para baixo) ou deformação convexa, quando o empenamento é positivo (para cima). O ajuste do nivelamento dos rolos refratários dos fornos cerâmicos é realizado mensalmente ou quando for detectado empenamento das placas cerâmicas de revestimento. Atualmente o nivelamento é efetuado com mangueiras d'água, sujeito a erros ocasionados por bolhas de ar no seu interior ou mesmo por ser muito difícil avaliar a fração de milímetro, necessário para uma boa precisão do trabalho de ajuste dos blocos de sustentação dos rolos. Baseado nestas dificuldades é que este artigo foi elaborado, pois este busca a utilização de nível eletrônico de precisão para fornecer além de uma precisão jamais verificada com o método tradicional, uma maior agilidade nas operações de manutenção.

**Palavras-chave:** *nível eletrônico, revestimentos, rolos.*

### 1. Introdução

As máquinas e os equipamentos em geral precisam estar nivelados para poderem operar de forma adequada e com o máximo de eficiência<sup>1</sup>. O nivelamento pode ser compreendido como sendo a relação existente entre os planos de todos os elementos constituintes de uma máquina. A importância do nivelamento reside no fato de que deve haver harmonia entre os diversos conjuntos mecânicos existentes nas máquinas, e que executam movimentos relativos entre si, para que o todo funcione de modo eficaz. Caso contrário, ocorrerá comprometimento dos elementos em termos de exatidão e durabilidade<sup>2</sup>. No processo cerâmico, após a etapa denominada esmaltação, realiza-se a queima das placas. A sinterização destas placas é uma das etapas mais importantes do processo de fabricação, já que dela dependem grande parte das características do produto cerâmico como resistência mecânica, estabilidade dimensional, resistência aos agentes químicos, facilidade de limpeza, resistência ao fogo, etc.<sup>3</sup> (Figura 1).

As variáveis fundamentais a considerar na etapa de queima são: o nivelamento dos rolos refratários (Figura 2) o ciclo térmico (temperatura × tempo) e a atmosfera do forno, que devem adaptar-se a cada composição e tecnologia de fabricação, dependendo do produto cerâmico que se deseja obter<sup>4</sup>.

A queima rápida de placas de revestimentos cerâmicos realiza-se, atualmente, em fornos monoestrados de rolos refratários, que têm permitido reduzir de forma significativa a duração dos ciclos de queima, devido à melhora dos coeficientes de transmissão de calor das peças e à uniformidade e flexibilidade dos mesmos<sup>5</sup>.

A metodologia proposta neste artigo, é a utilização de nível eletrônico (Figura 3) de precisão para alinhamento dos rolos

refratários nos fornos cerâmicos, fato este que contribui no transporte uniforme dentro dos fornos, e do não aparecimento de empeno nas placas de revestimentos.

### 2. Altimetria

A altimetria ou nivelamento tem por finalidade determinar a distância vertical ou diferença de nível entre diversos pontos. A diferença de altura entre dois pontos é a diferença de nível entre estes pontos<sup>6</sup>.

A determinação das diferenças de nível entre dois pontos é possível com o método de nivelamento geométrico. O nivelamento geométrico é baseado na diferença de leituras em miras verticais graduadas. A precisão obtida é bastante grande, da ordem de milímetros nos trabalhos especiais de 1ª ordem, até apenas alguns centímetros nos topográficos comuns. De modo geral, os instrumentos empregados nos trabalhos de nivelamento geométrico são denominados níveis. Utilizam-se, também, nas operações de nivelamento, associadas aos níveis, as miras<sup>7</sup>.

O objetivo dos níveis é fornecer um plano horizontal, para as operações topográficas. O fio central do retículo da luneta define um plano horizontal de referência.

O princípio de funcionamento de um nível eletrônico é o processamento unidimensional de imagens, a partir de uma mira codificada em código de barras (Figura 4). A leitura da mira codificada é feita através de uma rede de sensores óticos, a qual reconhece a codificação da mira através de um processo de correlação de imagens entre a imagem da mira e uma imagem padrão gravada na memória do instrumento<sup>8</sup>. Em termos de precisão, os níveis eletrônicos possuem

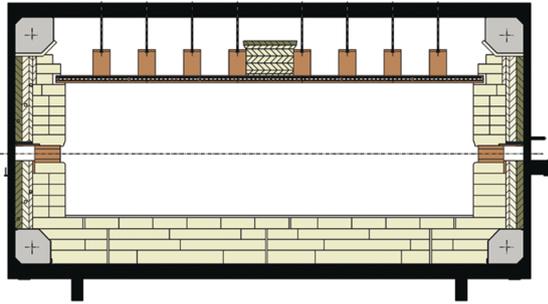


Figura 1. Esquema ilustrativo do forno a rolo (perfil em corte).



Figura 2. Detalhe dos rolos de um forno cerâmico.



Figura 3. Nível eletrônico.



Figura 4. Mira.

precisões que variam de 0,1 mm a 0,9 mm em nivelamento duplo e com miras de invar.

As miras são régua de madeira ou metal usadas no nivelamento para determinação de distâncias verticais, medidas entre a projeção do traço do retículo horizontal da luneta na mira e o ponto do terreno onde a mira está instalada.

### 3. Nivelamento Geométrico Simples

Nivelamento Geométrico Simples é aquele em que de uma única estação do nível é possível visar a mira colocada sucessivamente em todos os pontos do local a nivelar.

Assim, desejando-se determinar a diferença de nível entre os pontos A e B (Figura 5), instala-se o nível, em uma posição qualquer do terreno, preferencialmente equidistante dos pontos a nivelar. Determina-se a leitura da mira em A e B. A diferença de nível entre A e B será calculada pela diferença entre as leituras processadas nos pontos A e B. Desta única posição do instrumento são determinadas as leituras na mira colocada, primeiramente num ponto de cota conhecida e, depois, sucessivamente, nos demais pontos.

A visada no primeiro ponto, geralmente de cota conhecida, é por convenção chamada de “visada de ré”. Todas as visadas a partir da visada de ré são chamadas “visadas de vante”. Desta forma, para cada estação de nivelamento, tem-se uma visada de ré e uma ou mais visadas de vante.

Para que as leituras do levantamento tenham significado, é necessário que elas sejam referenciadas a um plano, chamado referência de nível<sup>9</sup>.

### 4. Manutenção Preditiva

São as manutenções que permitem garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Entre todos os tipos de manutenção nenhuma modalidade substitui outra, porém associadas uma da outra, trarão resultados positivos em termos de performances gerais nas gestões.

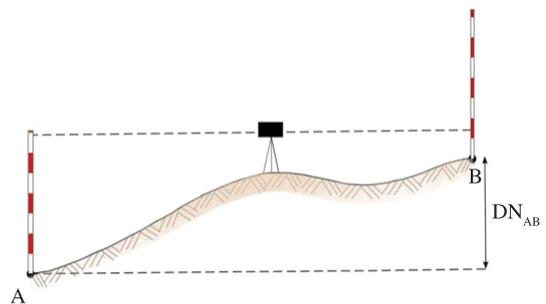


Figura 5. Determinação da diferença de nível.

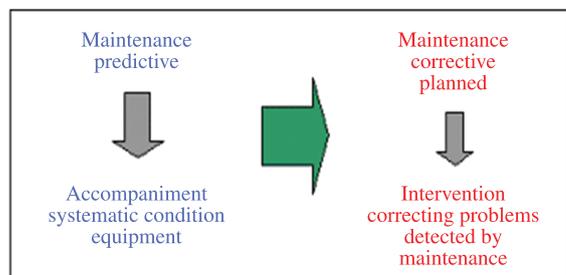


Figura 6. Manutenção preditiva e manutenção corretiva planejada.

A adoção da manutenção preditiva, na concepção de Vaz<sup>10</sup>, leva a supor que seja a solução ideal para as falhas e defeitos nas máquinas e equipamentos, pois ela consiste em interferir na máquina para providenciar manutenção eficaz, no momento adequado. Tal momento é estabelecido mediante estudo e monitoramento cuidadosos dos vários elementos que intervêm no processo de operação, visando detectar a iminência de uma falha.

A utilização desta técnica de manutenção preditiva é a grande quebra de paradigma nos tipos de manutenção. Mirshawka<sup>11</sup> aponta entre seus maiores benefícios: previsão de falhas com antecedência suficiente para que os equipamentos sejam desativados em segurança, reduzindo os riscos de acidentes e interrupções do sistema produtivo; redução dos prazos e custos de manutenção pelo conhecimento antecipado das falhas a serem reparadas; melhoria nas condições de operação dos equipamentos no sentido de obter menor desgaste, maior rendimento e produtividade.

A manutenção preditiva pode ser comparada a uma inspeção sistemática para o acompanhamento das condições dos equipamentos. Quando é necessária a intervenção da manutenção no equipamento, estamos realizando uma manutenção corretiva planejada (Figura 6).

As mais importantes técnicas de manutenção preditiva devem atender aos seguintes requisitos:

- Permitir a coleta de dados com o equipamento em funcionamento, ou com o mínimo de interferência possível no processo de produção;
- Permitir a coleta dos dados que possibilitem a análise de tendência.

## 5. Metodologia Utilizada

Inicialmente foi fixado um RN de referência (Figura 7) (denominado y), visível de ambos os lados do forno, atribuindo uma cota local de 100,0000 m. Na sequência foi instalado o nível eletrônico com leitura em código de barras no ponto Y (Figura 8), localizado



Figura 7. Operação de nivelamento.



Figura 8. Detalhe do nivelamento com a mira sobre os rolos do forno.

Tabela 1. Nivelamento do lado direito.

E	PV	Leitura 1	Leitura 2	Média	Cota	Correção
X	Y	1,5767	1,5767	1,5767	100,0000	(mm)
X 1	D A	0,3581	0,3584	0,3583	101,2185	1,2339
X 1	D B	0,3566	0,3564	0,3565	101,2202	-0,5161
X 2	D A	0,3551	0,3552	0,3552	101,2216	-1,8661
X 2	D B	0,3569	0,3569	0,3569	101,2198	-0,1161
X 3	D A	0,3562	0,3562	0,3562	101,2205	-0,8161
X 3	D B	0,3530	0,3531	0,3531	101,2237	-3,9661
X 4	D A	0,3540	0,3540	0,3540	101,2227	-3,0161
X 4	D B	0,3555	0,3554	0,3555	101,2213	-1,5661
X 5	D A	0,3551	0,3550	0,3551	101,2217	-1,9661
X 5	D B	0,3587	0,3586	0,3587	101,2181	1,6339
X 6	D A	0,3564	0,3564	0,3564	101,2203	-0,6161
X 6	D B	0,3586	0,3586	0,3586	101,2181	1,5839
X 7	D A	0,3575	0,3574	0,3575	101,2193	0,4339
X 7	D B	0,3569	0,3569	0,3569	101,2198	-0,1161
X 8	D A	0,3578	0,3578	0,3578	101,2189	0,7839
X 8	D B	0,3588	0,3587	0,3588	101,2180	1,7339
X 9	D A	0,3566	0,3564	0,3565	101,2202	-0,5161
X 9	D B	0,3542	0,3541	0,3542	101,2226	-2,8661
X 10	D A	0,3533	0,3533	0,3533	101,2234	-3,7161
X 10	D B	0,3547	0,3547	0,3547	101,2220	-2,3161
X 11	D A	0,3589	0,3588	0,3589	101,2179	1,8339
X 11	D B	0,3579	0,3579	0,3579	101,2188	0,8839
X 12	D A	0,3547	0,3547	0,3547	101,2220	-2,3161
X 12	D B	0,3523	0,3522	0,3523	101,2245	-4,7661
X 13	D A	0,3553	0,3551	0,3552	101,2215	-1,8161
X 13	D B	0,3569	0,3466	0,3518	101,2250	-5,2661
X 14	D A	0,3581	0,3579	0,3580	101,2187	0,9839
X 14	D B	0,3599	0,3598	0,3599	101,2169	2,8339
X 15	D A	0,3576	0,3577	0,3577	101,2191	0,6339
X 15	D B	0,3563	0,3566	0,3565	101,2203	-0,5661
X 16	D A	0,3589	0,3589	0,3589	101,2178	1,8839
X 16	D B	0,3577	0,3577	0,3577	101,2190	0,6839
X 17	D A	0,3571	0,3570	0,3571	101,2197	0,0339
X 17	D B	0,3569	0,3567	0,3568	101,2199	-0,2161
X 18	D A	0,3542	0,3541	0,3542	101,2226	-2,8661
X 18	D B	0,3544	0,3544	0,3544	101,2223	-2,6161
X 19	D A	0,3539	0,3540	0,3540	101,2228	-3,0661
X 19	D B	0,3533	0,3531	0,3532	101,2235	-3,8161
X 20	D A	0,3549	0,3549	0,3549	101,2218	-2,1161
X 20	D B	0,3555	0,3554	0,3555	101,2213	-1,5661
X 21	D A	0,3559	0,3558	0,3559	101,2209	-1,1661
X 21	D B	0,3564	0,3566	0,3565	101,2202	-0,5161
X 22	D A	0,3569	0,3571	0,3570	101,2197	-0,0161
X 22	D B	0,3542	0,3540	0,3541	101,2226	-2,9161
X 23	D A	0,3544	0,3543	0,3544	101,2224	-2,6661
X 23	D B	0,3563	0,3562	0,3563	101,2205	-0,7661
X 24	D A	0,3529	0,3530	0,3530	101,2238	-4,0661
X 24	D B	0,3536	0,3534	0,3535	101,2232	-3,5161
X 25	D A	0,3539	0,3537	0,3538	101,2229	-3,2161
X 25	D B	0,3551	0,3551	0,3551	101,2216	-1,9161
X 26	D A	0,3559	0,3557	0,3558	101,2209	-1,2161
X 26	D B	0,3569	0,3570	0,3570	101,2198	-0,0661
X 27	D A	0,3572	0,3571	0,3572	101,2196	0,1339
X 27	D B	0,3579	0,3578	0,3579	101,2189	0,8339

Tabela 1. Continuação...

E	PV	Leitura	Leitura	Média	Cota	Correção
X	Y	1	2	1,5767	100,0000	(mm)
X 28	D A	0,3589	0,3588	0,3589	101,2179	1,8339
X 28	D B	0,3569	0,3569	0,3569	101,2198	-0,1161
X 29	D A	0,3579	0,3577	0,3578	101,2189	0,7839
X 29	D B	0,3561	0,3560	0,3561	101,2207	-0,9661
X 30	D A	0,3555	0,3553	0,3554	101,2213	-1,6161
X 30	D B	0,3540	0,3538	0,3539	101,2228	-3,1161
X 31	D A	0,3538	0,3538	0,3538	101,2229	-3,2161
X 31	D B	0,3546	0,3544	0,3545	101,2222	-2,5161
X 32	D A	0,3552	0,3551	0,3552	101,2216	-1,8661
X 32	D B	0,3555	0,3554	0,3555	101,2213	-1,5661
X 33	D A	0,3532	0,3532	0,3532	101,2235	-3,8161
X 33	D B	0,3559	0,3559	0,3559	101,2208	-1,1161
X 34	D A	0,3569	0,3568	0,3569	101,2199	-0,1661
X 34	D B	0,3579	0,3578	0,3579	101,2189	0,8339
X 35	D A	0,3586	0,3587	0,3587	101,2181	1,6339
X 35	D B	0,3569	0,3571	0,3570	101,2197	-0,0161
X 36	D A	0,3579	0,3579	0,3579	101,2188	0,8839
X 36	D B	0,3589	0,3588	0,3589	101,2179	1,8339
X 37	D A	0,3563	0,3565	0,3564	101,2203	-0,6161
X 37	D B	0,3542	0,3542	0,3542	101,2225	-2,8161
X 38	D A	0,3533	0,3533	0,3533	101,2234	-3,7161
X 38	D B	0,3543	0,3541	0,3542	101,2225	-2,8161
X 39	D A	0,3566	0,3868	0,3717	101,2200	-0,3161
X 39	D B	0,3544	0,3544	0,3544	101,2223	-2,6161
X 40	D A	0,3539	0,3540	0,3540	101,2228	-3,0661
X 40	D B	0,3529	0,3527	0,3528	101,2239	-4,2161
X 41	D A	0,3546	0,3546	0,3546	101,2221	-2,4161
X 41	D B	0,3576	0,3577	0,3577	101,2191	0,6339
X 42	D A	0,3589	0,3588	0,3589	101,2179	1,8339
X 42	D B	0,3569	0,3569	0,3569	101,2198	-0,1161
X 43	D A	0,3577	0,3573	0,3575	101,2192	0,4839
X 43	D B	0,3569	0,3568	0,3569	101,2199	-0,1661
X 44	D A	0,3589	0,3589	0,3589	101,2178	1,8839
X 44	D B	0,3576	0,3574	0,3575	101,2192	0,4839
X 45	D A	0,3569	0,3568	0,3569	101,2199	-0,1661
X 45	D B	0,3561	0,3563	0,3562	101,2205	-0,8161
X 46	D A	0,3558	0,3555	0,3557	101,2211	-1,3661
X 46	D B	0,3550	0,3551	0,3551	101,2217	-1,9661
X 47	D A	0,3549	0,3550	0,3550	101,2218	-2,0661
X 47	D B	0,3557	0,3556	0,3557	101,2211	-1,3661
X 48	D A	0,3573	0,3573	0,3573	101,2194	0,2839
X 48	D B	0,3589	0,3588	0,3589	101,2179	1,8339
X 49	D A	0,3591	0,3590	0,3591	101,2177	2,0339
X 49	D B	0,3584	0,3583	0,3584	101,2184	1,3339
Média das leituras					101,2206	

no lado direito do forno. Foi realizado a r  na RN Y e visados todos os blocos de sustentac o dos rolos nos lados A e B (24 blocos cada lado do forno). Cada bloco   constituído de 27 rolos. O ajuste do nivelamento   efetuado em cada extremidade do bloco. Para visar os blocos do lado esquerdo, foi instalado o nível no ponto Z com r  no RN Y. Foram efetuadas duas leituras por visada com resolu o de 0,0001 mm. Para as visadas com diferença entre as leituras de 0,01 mm foram repetidas as opera es.

Tabela 2. Nivelamento do lado esquerdo.

E	PV	Leitura	Leitura	Média	Cota	Corre�o
X	Y	1	2	1,5750	100,0000	(mm)
X 1	E A	0,3561	0,3561	0,3561	101,2189	0,7839
X 1	E B	0,3558	0,3557	0,3558	101,2193	0,4339
X 2	E A	0,3540	0,3541	0,3541	101,2210	-1,2661
X 2	E B	0,3549	0,3549	0,3549	101,2201	-0,4161
X 3	E A	0,3558	0,3557	0,3558	101,2193	0,4339
X 3	E B	0,3559	0,3560	0,3560	101,2191	0,6339
X 4	E A	0,3567	0,3567	0,3567	101,2183	1,3839
X 4	E B	0,3572	0,3571	0,3572	101,2179	1,8339
X 5	E A	0,3554	0,3556	0,3555	101,2195	0,1839
X 5	E B	0,3566	0,3567	0,3567	101,2184	1,3339
X 6	E A	0,3552	0,3553	0,3553	101,2198	-0,0661
X 6	E B	0,3550	0,3548	0,3549	101,2201	-0,4161
X 7	E A	0,3549	0,3549	0,3549	101,2201	-0,4161
X 7	E B	0,3545	0,3543	0,3544	101,2206	-0,9161
X 8	E A	0,3552	0,3552	0,3552	101,2198	-0,1161
X 8	E B	0,3547	0,3546	0,3547	101,2204	-0,6661
X 9	E A	0,3558	0,3555	0,3557	101,2194	0,3339
X 9	E B	0,3569	0,3568	0,3569	101,2182	1,5339
X 10	E A	0,3575	0,3576	0,3576	101,2175	2,2339
X 10	E B	0,3579	0,3579	0,3579	101,2171	2,5839
X 11	E A	0,3583	0,3582	0,3583	101,2168	2,9339
X 11	E B	0,3581	0,3582	0,3582	101,2169	2,8339
X 12	E A	0,3591	0,3591	0,3591	101,2159	3,7839
X 12	E B	0,3570	0,3571	0,3571	101,2180	1,7339
X 13	E A	0,3569	0,3570	0,3570	101,2181	1,6339
X 13	E B	0,3575	0,3574	0,3575	101,2176	2,1339
X 14	E A	0,3583	0,3582	0,3583	101,2168	2,9339
X 14	E B	0,3572	0,3571	0,3572	101,2179	1,8339
X 15	E A	0,3558	0,3560	0,3559	101,2191	0,5839
X 15	E B	0,3523	0,3520	0,3522	101,2229	-3,1661
X 16	E A	0,3532	0,3532	0,3532	101,2218	-2,1161
X 16	E B	0,3539	0,3539	0,3539	101,2211	-1,4161
X 17	E A	0,3545	0,3544	0,3545	101,2206	-0,8661
X 17	E B	0,3569	0,3568	0,3569	101,2182	1,5339
X 18	E A	0,3572	0,3572	0,3572	101,2178	1,8839
X 18	E B	0,3549	0,3549	0,3549	101,2201	-0,4161
X 19	E A	0,3538	0,3538	0,3538	101,2212	-1,5161
X 19	E B	0,3547	0,3548	0,3548	101,2203	-0,5661
X 20	E A	0,3556	0,3558	0,3557	101,2193	0,3839
X 20	E B	0,3569	0,3569	0,3569	101,2181	1,5839
X 21	E A	0,3579	0,3578	0,3579	101,2172	2,5339
X 21	E B	0,3586	0,3584	0,3585	101,2165	3,1839
X 22	E A	0,3556	0,3556	0,3556	101,2194	0,2839
X 22	E B	0,3586	0,3586	0,3586	101,2164	3,2839
X 23	E A	0,3569	0,3570	0,3570	101,2181	1,6339
X 23	E B	0,3548	0,3547	0,3548	101,2203	-0,5661
X 24	E A	0,3536	0,3536	0,3536	101,2214	-1,7161
X 24	E B	0,3532	0,3531	0,3532	101,2219	-2,1661
X 25	E A	0,3556	0,3554	0,3555	101,2195	0,1839
X 25	E B	0,3549	0,3548	0,3549	101,2202	-0,4661
X 26	E A	0,3576	0,3574	0,3575	101,2175	2,1839
X 26	E B	0,3569	0,3570	0,3570	101,2181	1,6339
X 27	E A	0,3589	0,3590	0,3590	101,2161	3,6339
X 27	E B	0,3591	0,3591	0,3591	101,2159	3,7839

Tabela 2. Continuação...

E	PV	Leitura	Leitura	Média	Cota	Correção
X	Y	1	2	1,5750	100,0000	(mm)
X 28	E A	0,3581	0,3580	0,3581	101,2170	2,7339
X 28	E B	0,3579	0,3580	0,3580	101,2171	2,6339
X 29	E A	0,3569	0,3568	0,3569	101,2182	1,5339
X 29	E B	0,3559	0,3560	0,3560	101,2191	0,6339
X 30	E A	0,3553	0,3552	0,3553	101,2198	-0,0661
X 30	E B	0,3551	0,3550	0,3551	101,2200	-0,2661
X 31	E A	0,3569	0,3569	0,3569	101,2181	1,5839
X 31	E B	0,3549	0,3550	0,3550	101,2201	-0,3661
X 32	E A	0,3559	0,3559	0,3559	101,2191	0,5839
X 32	E B	0,3589	0,3589	0,3589	101,2161	3,5839
X 33	E A	0,3579	0,3580	0,3580	101,2171	2,6339
X 33	E B	0,3571	0,3572	0,3572	101,2179	1,8339
X 34	E A	0,3585	0,3585	0,3585	101,2165	3,1839
X 34	E B	0,3569	0,3568	0,3569	101,2182	1,5339
X 35	E A	0,3576	0,3574	0,3575	101,2175	2,1839
X 35	E B	0,3571	0,3571	0,3571	101,2179	1,7839
X 36	E A	0,3574	0,3574	0,3574	101,2176	2,0839
X 36	E B	0,3569	0,3570	0,3570	101,2181	1,6339
X 37	E A	0,3474	0,3573	0,3524	101,2177	2,0339
X 37	E B	0,3589	0,3589	0,3589	101,2161	3,5839
X 38	E A	0,3591	0,3590	0,3591	101,2160	3,7339
X 38	E B	0,3572	0,3571	0,3572	101,2179	1,8339
X 39	E A	0,3571	0,3571	0,3571	101,2179	1,7839
X 39	E B	0,3559	0,3558	0,3559	101,2192	0,5339
X 40	E A	0,3551	0,3551	0,3551	101,2199	-0,2161
X 40	E B	0,3543	0,3543	0,3543	101,2207	-1,0161
X 41	E A	0,3569	0,3567	0,3568	101,2182	1,4839
X 41	E B	0,3548	0,3548	0,3548	101,2202	-0,5161
X 42	E A	0,3539	0,3538	0,3539	101,2212	-1,4661
X 42	E B	0,3545	0,3547	0,3546	101,2204	-0,7161
X 43	E A	0,3559	0,3559	0,3559	101,2191	0,5839
X 43	E B	0,3549	0,3550	0,3550	101,2201	-0,3661
X 44	E A	0,3556	0,3557	0,3557	101,2194	0,3339
X 44	E B	0,3577	0,3579	0,3578	101,2172	2,4839
X 45	E A	0,3568	0,3567	0,3568	101,2183	1,4339
X 45	E B	0,3544	0,3543	0,3544	101,2207	-0,9661
X 46	E A	0,3539	0,3537	0,3538	101,2212	-1,5161
X 46	E B	0,3549	0,3549	0,3549	101,2201	-0,4161
X 47	E A	0,3566	0,3564	0,3565	101,2185	1,1839
X 47	E B	0,3549	0,3548	0,3549	101,2202	-0,4661
X 48	E A	0,3560	0,3559	0,3560	101,2191	0,6339
X 48	E B	0,3571	0,3571	0,3571	101,2179	1,7839
X 49	E A	0,3568	0,3567	0,3568	101,2183	1,4339
X 49	E B	0,3570	0,3571	0,3571	101,2180	1,7339
Média das leituras					101,2188	

## 6. Resultados Obtidos

As leituras foram sistematizadas em planilhas. O cálculo da cota, de cada ponto, foi realizado com o valor médio das leituras.

A cota média do lado direito do forno (Tabela 1) ficou em 101,2206 mm com desvio padrão ( $\sigma$ ) de 0,0019 mm. A cota média do lado esquerdo do forno (Tabela 2) ficou em 101,2188 mm com desvio padrão ( $\sigma$ ) de 0,0016 mm. A cota média geral ficou em 101,2197 mm.

## 7. Conclusão

O método utilizado para o nivelamento do forno forneceu resultados muito mais precisos do que os métodos tradicionais usados anteriormente. A correção do nivelamento, em cada extremidade dos blocos, foi efetuada a partir de cota média geral, considerando a cota média dos lados direito e esquerdo.

Foram simuladas correções com rejeição das cotas com diferenças maiores que 3 mm. O conjunto de correções não sofreu variação significativa.

O mecanismo de ajuste dos blocos tem capacidade para correção de até 20 mm para cima ou para baixo, onde neste trabalho, a maior correção detectada foi de 5,26 mm.

Outras vantagens observadas, além da precisão, foram:

- Não houve necessidade de parada do forno para este nivelamento de manutenção;
- Rapidez das operações;
- Possibilidade de usar uma única referência de nível;
- Facilidade de sistematizar as leituras;
- Cálculo automático das cotas no software de nivelamento.

## Referências

1. CENTRAL DE MANUTENÇÃO – CEMAN. Engenharia de Manutenção. *Revista Qualimetria*, n. 80, 1998.
2. ROCHA, M. A. Otimização das tarefas de manutenção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 15., 2000, Vitória. *Anais...* Vitória, 2000.
3. BRISTOT, V. M. *Máquinas e Equipamentos para Cerâmica*. Criciúma: Editora Luana, 1996.
4. FERREIRA, C. et al. Otimização energética de um forno na indústria cerâmica. *Cerâmica Industrial*, v. 13, n. 1, p. 23-27, 2008.
5. RECCO, G. Estudo para utilização de energia térmica proveniente de forno cerâmico para secagem de cerâmica. *Cerâmica Industrial*, v. 13, n. 3, p. 43-45, 2008.
6. GIOTTO, E.; SEBEM, E. A *Topografia Com o Sistema CR-TP0 6.0*. Santa Maria: UFSM, 2001. 357 p.
7. LOCH, C.; CORDINI, J. *Topografia contemporânea: planimetria*. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2000. 321 p.
8. ERBA, D. A. *Topografia para estudantes de arquitetura, engenharia e geologia*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2003.
9. GEMAE, C. *Introdução ao ajustamento de observações, aplicações geodésicas*. Editora UFPR, 1994.
10. VAZ, J. C. *Gestão da manutenção preditiva: gestão de operações*. Fundação Vanzolini; Editora Edgard Blücher, 1997.
11. MIRSHAWKA, V. *Manutenção Preditiva: caminho para zero defeitos*. São Paulo: Makron Books; McGraw- Hill, 1991.