

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DO USO DE RÉGUAS LIMNIMÉTRICAS

Francisco de Athaydes da Silva Martins¹; Luiz Henrique Maldonado²;

Abstract: This study evaluates the durability and visibility of different limnimetric ruler materials used in hydrological monitoring. Field tests were conducted at the Piracema Canal in Itaipu Binational, where six types of rulers made from materials such as aluminum, stainless steel, and carbon steel were installed and monitored over several years. Key factors assessed included material cost, paint durability, readability, and resistance to environmental degradation. Results indicate that some cost-effective options outperform more expensive models in terms of visibility and resistance, suggesting potential cost-saving improvements in equipment procurement for water level monitoring.

Resumo: Este estudo avalia a durabilidade e visibilidade de diferentes materiais de réguas limnimétricas utilizadas no monitoramento hidrológico. Os testes de campo foram realizados no Canal da Piracema, na Usina de Itaipu Binacional, onde seis tipos de réguas, confeccionadas em materiais como alumínio, aço inoxidável e aço carbono, foram instaladas e monitoradas ao longo de vários anos. Foram avaliados fatores como custo do material, durabilidade da pintura, legibilidade e resistência à degradação ambiental. Os resultados indicam que algumas opções mais econômicas apresentam desempenho superior a modelos mais caros em termos de visibilidade e resistência, sugerindo melhorias viáveis para aquisição de equipamentos de medição de nível d'água.

Palavras-Chave – monitoramento hidrológico; régua limnimétrica; durabilidade

1. INTRODUÇÃO

O gerenciamento dos Recursos Hídricos e as análises de disponibilidade hídrica de corpos d'água são realizados fundamentalmente a partir do monitoramento de níveis d'água. Historicamente, os níveis d'água são monitorados por observadores que realizam três leituras diárias nas réguas limnimétricas, placas de madeira ou metálica, graduada geralmente a cada 2 cm.

Atualmente, o monitoramento do nível d'água é realizado geralmente por sensores eletrônicos, e.g., sensores de pressão capacitivos e sensores de radar, instrumentos capazes de realizar várias leituras ao longo do dia e com a possibilidade de sua transmissão em tempo real. Entretanto, problemas como vandalismo, descalibração dos sensores e danificação da estrutura dos instrumentos eletrônicos em situações de cheia, inviabilizam o monitoramento do nível d'água apenas com o sistema eletrônico e/ou automático.

Assim, o monitoramento convencional, pelas réguas limnimétricas, é de suma importância para garantir que os dados hidrológicos coletados sejam confiáveis para o correto gerenciamento dos Recursos Hídricos.

Desta forma, em função da diversidade de tipos de materiais e de especificações das réguas limnimétricas, o objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação da durabilidade de diferentes tipos de réguas limnimétricas, como a resistência da pintura, facilidade de observação, valor de mercado e verificando as vantagens e desvantagens de cada material.

Os corpos de prova utilizados foram um conjunto de placas limnimétricas instaladas no Canal da Piracema, canal artificial de concreto, sofrendo intemperismo natural, localizado na área da Usina de Itaipu Binacional.

2. RÉGUAS LIMNIMÉTRICAS PARA MONITORAMENTO HIDROLÓGICO

As placas limnimétricas são réguas com escala centimétrica e medida padrão de 1m de altura e no caso dos materiais utilizados na avaliação com larguras variáveis de 60mm a 250mm e espessura de 0,98mm a 3mm. Além disso, são confeccionadas em diferentes materiais, estando disponíveis no mercado brasileiro como: ferro, plástico, alumínio e inox.

A escala registrada no corpo dessa régua possui definição marcada horizontalmente com um traço a cada centímetro, pintura dos números usualmente a cada 2cm, e numeração com fonte maior nos décimos. É mais encontrada com fundo pintado na cor branca e numerais na cor preta, por vezes mesclando com vermelho. Podem conter marca da empresa responsável. A Figura 1 apresenta alguns padrões de pintura existentes.

Figura 1 – Modelos de placa limnimétrica.



3. METODOLOGIA

A avaliação foi realizada visando reconhecer qual dentre os materiais instalados possuiria maior durabilidade e melhor leitura ao longo do tempo. Para realização do teste foi utilizado um conjunto de 6 (seis) réguas limnimétricas de diferentes fornecedores e produzidas em diferentes materiais.

O conjunto de réguas foi instalado em um suporte produzido na oficina do setor de hidrologia de campo. Dessa forma todo o conjunto foi instalado em local sob o mesmo tipo de ação de intempéries as margens do corpo hídrico.

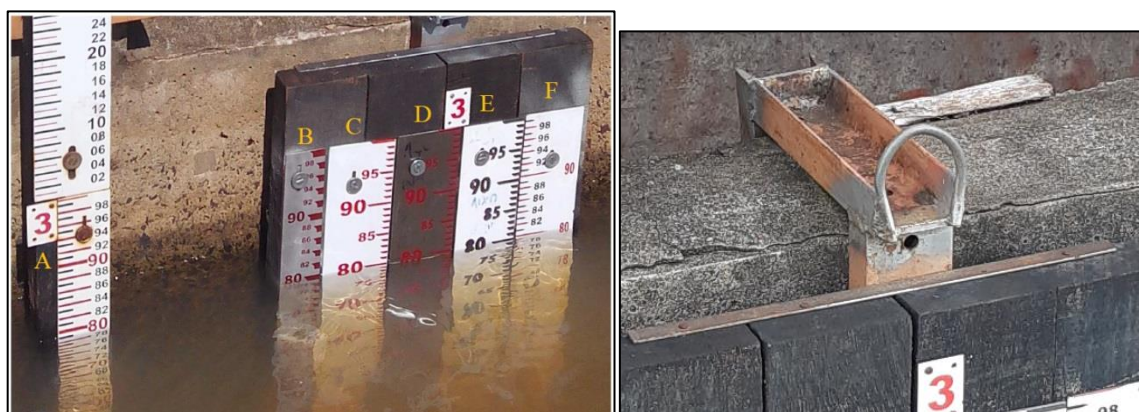
Aos 10 dias do mês de novembro de 2015 esse conjunto foi instalado em um canal de concreto denominado “Canal de Iniciação” dentro da área da usina de Itaipu Binacional (Figura 1).

Figura 1 - a) Vista geral Canal da piracema e b) Canal de iniciação



O padrão utilizado na instalação do conjunto de placas foi feito de caibros de madeira fixados em suporte de ferro produzido na oficina do setor de campo, e esse fixado na parede do canal (Figura 2).

Figura 2 - a) Visão geral dos lances e b) Detalhe da fixação na parede do canal.



Fator importante no dimensionamento econômico para a implantação ou manutenção de estações é o valor agregado do material utilizado. A Tabela 1 apresenta os materiais, características, dimensões e valores das placas que foram avaliadas.

Tabela 1 - Materiais e medidas das placas testadas

n	Material e características	Largura (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)	Fabricante	Valor (R\$)
A	Alumínio cor Branca Número adesivado preto e vermelho Sem película. Padrão ANA	70	1000	2	HM	90
B	Alumínio Número adesivado vermelho Revestida com película	61	1001	2	HM	90
C	Alumínio fundo epoxi Número adesivado vermelho Protegida com verniz automotivo, pintura refletiva	100	1000	2	CS	160
D	Aço inox Números pintados em baixo relevo na cor vermelha Sem película de proteção	100	1000	0,98	CS	300

E	Alumínio e miolo em ACM Números pintados em baixo relevo na cor preta. Revestimento em verniz automotivo	100	1000	3	CS	120
F	Aço-carbono SAE 1006 Números pintados em preto e vermelho Com esmalte vítreo	100	1000	1,50	EX	450

HM = Hidromec, CS = Construserv, EX = Esmaltex

As medidas da tabela 1 foram retiradas das especificações dos fabricantes.

Os valores das réguas disponíveis no mercado variam de R\$90 a R\$ 450, dependendo do fabricante e tipo de material. O gráfico da Figura 3 apresenta essa variação.

Figura 3 - Valores das réguas analisadas.

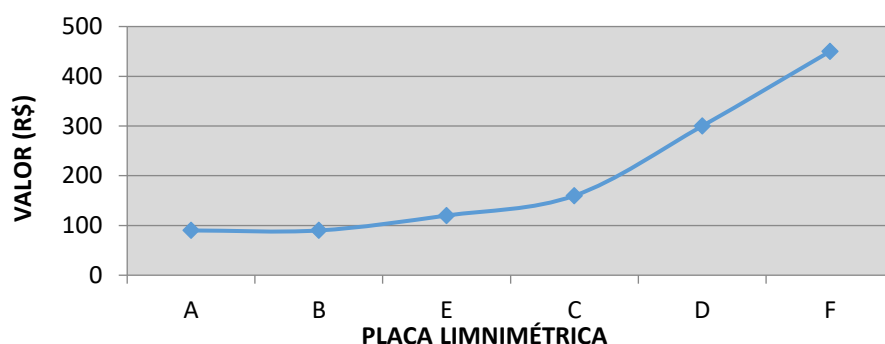


Tabela 2 - Cronograma de atividades.

DATA	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.
2015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	
2016			30		12							
2017											21	-
2018												20
2019				12	2							

XX	Data
	Início do estudo
	Vistoria
	Final do estudo

4. RESULTADOS

A partir de cada vistoria realizada foi realizado o registro fotográfico das placas. A seguir está apresentado um pequeno memorial descritivo de cada vistoria no local.



10.11.2015

Instalação do conjunto de réguas no canal de iniciação.

Identificadas alfabeticamente de “A” a “F” sendo 6 exemplares de tamanho, composição e tipo de pintura distintos.

Nível = 0,80m



30.3.2016

Realizada troca de lâmina de régua “F”. Fabricante informou pertencer a um lote já não mais comercializado, e que sofreu mudanças no processo de fabricação: melhoria na qualidade da tinta preta utilizada, corte mais preciso entre placas e furação para números na parte superior – anteriormente posicionada na parte inferior da placa.

Placas “D”, “E” e “F” apresentaram maior acúmulo de sujeira na superfície.

Placa “F” foi substituída

Nível = 0,50m

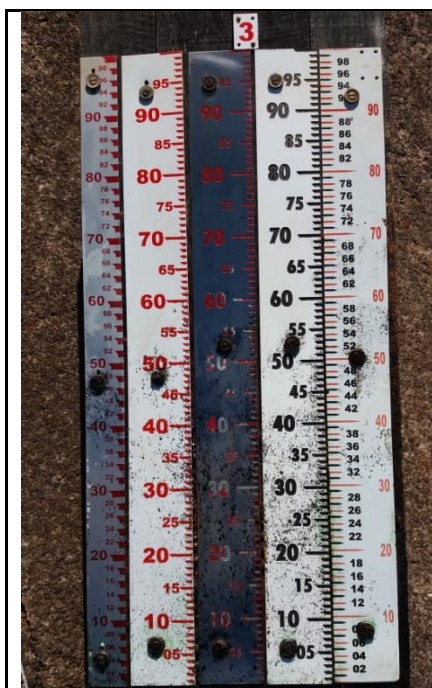


12.5.2016

Depois de realizada a troca da placa “F” do conjunto, essa se encontra em boas condições.

As demais placas estão com número bem aparente e mantém sujeira aderida ao corpo.

Nível = 0,30m



21.11.2017

Todas as placas apresentaram acúmulo de sujeira aderida.

A placa “D” sofreu avaria nos números, com perda de visibilidade na parte que estava predominantemente submersa. Os adesivos soltaram-se após a limpeza

A placa “F” sofreu pequena redução de intensidade de cor nos valores abaixo do nível médio (0,58m)



20.12.2018

Todas as placas apresentaram acúmulo de sujeira aderida.

A placa “A” sofreu descoloração, principalmente no trecho exposto ao sol.

Nível = 0,54m



12.4.2019

Todas as placas apresentaram acúmulo de sujeira aderida.

Nível = 0,63m



2.5.2019

Todas as placas apresentaram acúmulo de sujeira aderida.

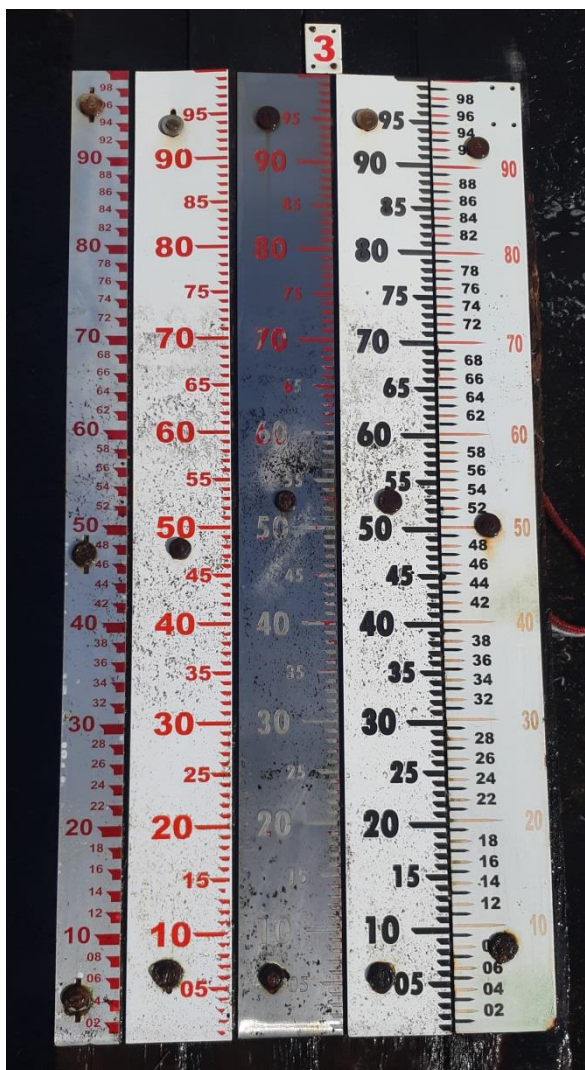
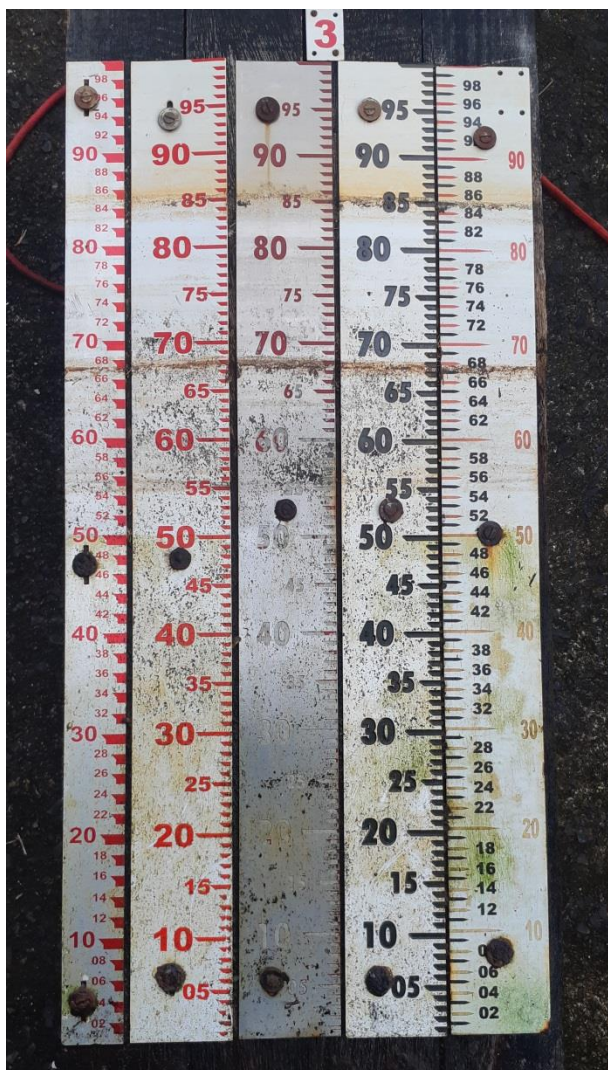
Foi realizada limpeza com esponja e sabão no conjunto

Nível = 0,63m

A Figura 5 apresenta os lances fixados no suporte em 2.5.2019 após sua retirada do canal para análise visual e limpeza.

Figura 4. a) Lances sujos retirados

b) Lances pós limpeza com escova e sabão.



Com relação à espessura, as placas mais espessas facilitam o manuseio pelo operador e sua fixação a base de madeira, e ainda o nivelamento geométrico quando da instalação de novas seções limnimétricas ou ajuste em seções existentes. A régua mais espessa provê uma base de suporte mais firme para apoio da mira topográfica, pois sua área de contato é maior.

A placa “E” em Alumínio e miolo em ACM possuía a maior espessura entre elas, sendo 3mm. E a placa “D” a menor, sendo 0,98mm.

Com relação à longevidade do material das réguas, todos os materiais analisados mantiveram a integridade de suas estruturas, não apresentando marcas de ferrugem ou rachaduras. No entanto, a placa “A” sofreu descoloração, principalmente no trecho exposto ao sol. Foram constatadas perdas na visibilidade da numeração no lance “D” e descoloração da pintura no lance “F”. A placa “F” apresentou problemas na pintura dos números pretos, havendo total apagamento desses valores em um período de 4 meses. Esta régua foi substituída por um novo lote em 30.3.16 e o novo lote não apresentou esta problemática.

Com relação à qualidade de leitura, os números grandes facilitam a visibilidade no momento da leitura de nível pelo observador. Os lances “C” e “E” possuem os maiores números decimais impressos e a cada 5cm. No entanto não há numeração impressa para nenhuma das demais marcas centimétricas de escala. Isso requer contagem ou estimativa por parte do técnico e leiturista.

Apenas os lances “A” e “F” possuem numeração impressa em uma cor e tracejada em outra.

O lance “B” possui coloração única com numeração a cada 2 centímetros com tamanho de fonte menor que as demais.

Com relação ao custo, a variação no custo dos materiais pode chegar a diferenças de até 500% quando comparando o produto aço com o alumínio.

Em relação ao uso destes materiais no campo, sabe-se que há um maior índice de vandalismo para as placas metálicas de inox ou alumínio, quando comparadas as de aço carbono ou pvc ou com película ou pintura branca. Entretanto, esta análise baseia-se na troca de experiência com outros operadores e não há indicadores sobre este tema.

5. CONCLUSÃO

Em relação à espessura das placas, esta análise não é conclusiva, pois não foram realizadas manutenções e/ou nivelamentos. Entretanto, sabe-se que as atividades de nivelamento e correção das réguas são facilitadas quando as réguas têm espessura superior ao tradicional 1mm.

É importante que a régua tenha registros de numerais em toda a escala da régua, pois a presença parcial destes números geraria incerteza na leitura.

Todas as placas apresentaram acúmulo de sujeira em sua parte acima do nível d’água (NA) e limo verde na parte abaixo do NA. Após a limpeza (com pano, sabão e areia), ainda assim não foi possível retirar todo o limo existente, e as placas “D” e “E” mantiveram manchas pretas de material não identificado. A única placa em que ficou inviável a leitura dos números foi a placa “D” de inox, com números pintados em baixo relevo, pois a pintura foi totalmente apagada.

A lâmina “F”, substituída na atividade com apenas 4 meses de uso para uma condição favorável (água limpa e calma, sem galhos e vegetação no entorno), apresentou problemas na pintura preta utilizada, o que gerou péssimo estado de conservação e visibilidade. O novo lote, identificável pela diferença no padrão de furo do número, obteve melhores resultados quanto à identificação dos números, com pequena descoloração no período testado, principalmente para cor vermelha.

Considerando que a ITAIPU Binacional utiliza o modelo de régua limnimétrica “F”, apesar da placa ter um maior custo unitário, seria esperado que este modelo apresentaria maior resistência às ações intemperes, e assim, melhor custo-benefício. Entretanto, conforme apresentado no comparativo, nota-se que não há aumento de durabilidade, quando comparada com outros modelos. Inclusive o primeiro lote apresentou problemas, necessitando de substituição em apenas 4 meses. Além disso, não há uma forma de avaliar a qualidade deste material, principalmente no quesito durabilidade, no seu recebimento no Almoxarifado da ITAIPU.

Assim, considerando os resultados obtidos desta avaliação, os custos unitários de cada régua limnimétrica, considerando que se deve evitar que as réguas sejam furtadas ou que sofram vandalismo e que as réguas apresentem espessura mínima para a realização dos nivelamentos geométricos, sugere-se a alteração da especificação da régua limnimétrica utilizada pela ITAIPU Binacional do modelo “F” o modelo “A”.

Com a alteração do modelo da régua limnimétrica, será possível reduzir em 80% no custo de aquisição deste material, e consequentemente no custo das manutenções das réguas limnimétricas.