

## Dispositivo de análise de turbidez e cor

### Turbidity and color analysis device

**Paulo Afonso Gaspar**

Autor

[paulogaspar@alunos.utfpr.edu.br](mailto:paulogaspar@alunos.utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Ricardo Schneider**

Autor

[rikardos17@gmail.com](mailto:rikardos17@gmail.com)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Alberto Yoshihiro Nakano**

Autor

[nakano@utfpr.edu.br](mailto:nakano@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

**Felipe Walter Dafico Pfrimer**

Autor

[pfrimer@utfpr.edu.br](mailto:pfrimer@utfpr.edu.br)

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, Paraná, Brasil

#### RESUMO

A cor e a turbidez têm sido usadas como indicadores efetivos da qualidade da água. Os métodos baseados em imagens digitais têm alcançado muitos campos de pesquisa devido a sua capacidade de realizar análises confiáveis e rápidas de baixo custo. O dispositivo proposto, compreende um compartimento à prova de luz, onde uma cubeta com amostra, é inserida. Dentro do dispositivo é usado um LED e uma câmera como fonte de luz e registrador de dados, respectivamente. As análises foram realizadas por meio de software criado para utilização no computador Raspberry Pi 3 e escrito inteiramente em linguagem Python. A eficácia do dispositivo proposto foi verificada com dados experimentais, mostrando alta linearidade e sensibilidade para turbidez. Ainda, mostrou alta equivalência com turbidímetros comerciais e, forneceu informações para o desenvolvimento de um turbidímetro de preço acessível, como também um dispositivo de análise de cor, adequados para o monitoramento básico da qualidade da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água. Turbidez. Cor. Imagem.

#### ABSTRACT

ABSTRACT: The color and turbidity have been used as effective indicators of water quality. The methods based in digital images have reached a lot of search fields, due to the capacity of trustworthy, cheap and fast analysis. The device is composed of a light proof compartment, where the test tub with the sample is inserted. Inside the device, is used LED as light source, and a digital camera as data register. The analysis is performed by a software written in Python created to be used in a Raspberry Pi 3 computer. The device efficiency was verified with experimental data, showing high linearity and sensitivity. For turbidity, the device also showed high equivalence compared with commercial turbidimeters, giving information to a low cost turbidimeter development, as to a color analysis device, both suitable to water quality monitoring.

**KEYWORDS:** Water. Turbidity. Color. Image

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 12 set. 2018.

#### Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

O A água é essencial para a vida e para as atividades humanas, sejam elas industriais, de lazer ou de outro tipo. O acesso a água de qualidade é considerado um direito humano básico. Está provado que o investimento na melhoria da qualidade de água trás inúmeros benefícios a saúde da população como para a economia, além de aliviar o nível precário das populações de mais baixa renda.

A qualidade da água pode ser analisada por meio de análises de aparência. Entre elas estão as análises de turbidez e de cor. A turbidez está relacionada a partículas sólidas suspensas na água e coloidais. Estas partículas alteram as propriedades óticas da água, diminuindo sua transparência, ou seja, a turbidez é inversamente proporcional a transparência da água. Sua unidade é o NTU (nephelometric turbidity unit). De acordo com a organização mundial da saúde, água com valor mais de 5NTU já é imprópria para o consumo.

A presença de cor na água é sinal de matéria orgânica, geralmente associado a presença de húmus e impurezas naturais. Também pode ser indicativo da presença de metais como o ferro. Para a água ser considerada potável, ela não deve indicar presença de coloração.

Análises de turbidez e de cor utilizam de métodos internacionalmente aceitos e comprovados. Para fazer uma análise com alta confiabilidade, atualmente são usados dispositivos de alto custo como espectrofotômetros, dificultando a análises em locais remotos com altos níveis de pobreza.

Com a diminuição do preço de dispositivos de captura de imagens, computadores e processadores, tornou-se mais fácil o desenvolvimento de aparelhos e dispositivos que façam análise de dados de maneira eficiente, prezando o baixo custo.

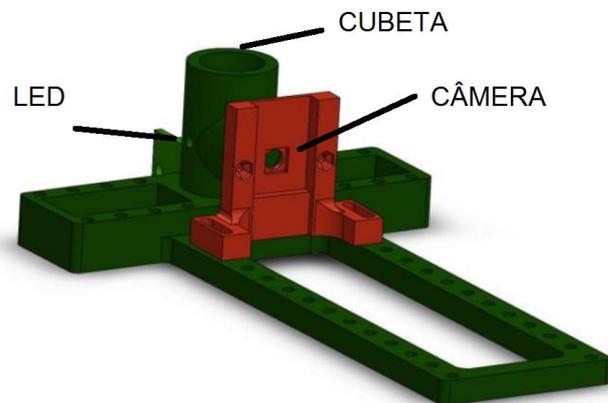
Este projeto busca trabalhar no desenvolvimento de um dispositivo que possibilite a análise de água. Primeiramente foi pensado em desenvolver a análise de turbidez. Devido à semelhança do procedimento entre os métodos de análise, deu-se início a testes com análise de cor.

## MÉTODOS

O dispositivo construído para a análise de dados constitui de uma base para inserção e acoplamento, fonte luminosa, câmera digital e computador embarcado.

A base é utilizada para permitir junção e acoplamento de todas as partes do dispositivo e foi construída por meio de uma impressora 3D. Ela engloba um compartimento à prova de luz externa, no qual é possível inserir uma cubeta padrão de 20 mm de diâmetro; encaixes que permitem a inserção de um Diodo emissor de luz (LED) como fonte luminosa; e uma estrutura que acopla uma câmera digital. A figura 1 exibe o esquemático da base usada.

Figura 1 – Esquemático do dispositivo



Fonte: Autoria própria (2017).

A fonte luminosa constitui de um LED e um circuito controlador de corrente. O LED é responsável pelo fornecimento de uma intensidade de luz para as análises. A intensidade de luz é controlada por meio da corrente, que por sua vez é fornecida pelo circuito controlador de corrente. Uma intensidade de luz estável garante a possibilidade de comparar os níveis de absorbância de maneira confiável por meio das imagens digitais.

A câmera digital usada é uma Pi Camera, construída especialmente para uso no Raspberry Pi 3, computador embarcado usado para fazer o processamento de imagens e análise dos dados. A câmera envia as imagens para o computador embarcado, que identifica e analisa os dados obtidos por meio de um software criado em linguagem Python, desenvolvido especialmente para análises de turbidez e de cor.

O software desenvolvido faz a captura de uma série de imagens para cada amostra. A intensidade de luz pode variar dependendo da região da imagem analisada, por isso, é analisada uma região da imagem fixa, para que variações na posição não alterem resultados (exemplo na figura 2). Para cada amostra é calculada a média aritmética entre as imagens obtidas. Isto evita possíveis distorções causadas por ruídos.

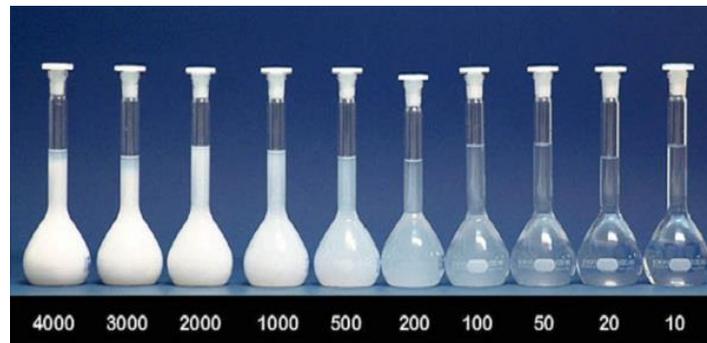
Figura 2 – Região de análise das imagens



Fonte: Autoria própria (2018).

A calibração está sendo feita por meio da comparação de padrões de turbidez verificados. É feita a comparação dos dados de intensidade de luz obtidos com o dispositivo ao analisar os padrões, com o nível da turbidez em NTU que a amostra do padrão representa. A figura 3 exibe alguns padrões de turbidez.

Figura 3 – Padrões de turbidez em NTU de forma decrescente



Fonte: The Laboratory People – Disponível em:

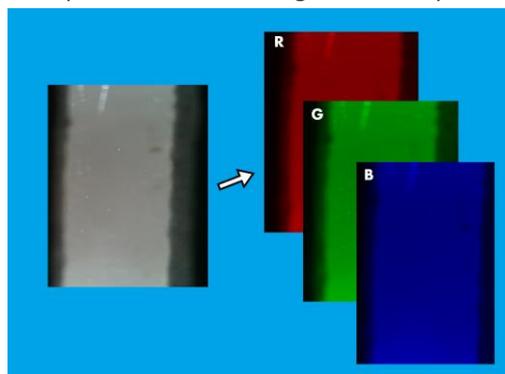
<<https://camblab.info/wp/index.php/turbidity-standards-quick-reference-guide/>>

Acesso em: 27 Ago. 2018

Na calibração de análise de cor foram usadas amostras de cloreto de ferro no qual por meio da análise de imagem foram obtidos dados e então calculados os níveis de correlação entre os níveis de luz obtidos pela imagem com a intensidade de cor medida em um espectrofotômetro profissional.

Após a captura de uma imagem, o sistema divide a imagem em três componentes, vermelho, verde e azul, que são conhecidas por formarem o sistema RGB (exemplificada na figura 4). A intensidade de luz é obtida fazendo a média dos pixels em uma imagem e então, observando os valores de intensidade vermelha, verde e azul. Devido as imagens usadas serem imagens de 24 bits, a intensidade dos pixels varia entre 0 a 255.

Figura 4 – Exemplo da divisão da imagem em componentes R,G e B.



Fonte: Autoria própria (2018).

O uso desse método, possibilita analisar os dados em regiões diferentes de componentes de onda. Isso é de grande importância principalmente na análise de

cor, dado que a absorbância e transmitância de dada substância pode variar de acordo com o comprimento de onda.

No desenvolvimento do software, foram usadas bibliotecas open-source disponíveis para uso em linguagem Python. Foi feito o uso da biblioteca OpenCv para análise de imagem; Numpy para operações matemáticas e cálculo numérico; e Scipy para análises estatísticas. Para a parte gráfica foi utilizada a biblioteca Matplotlib.

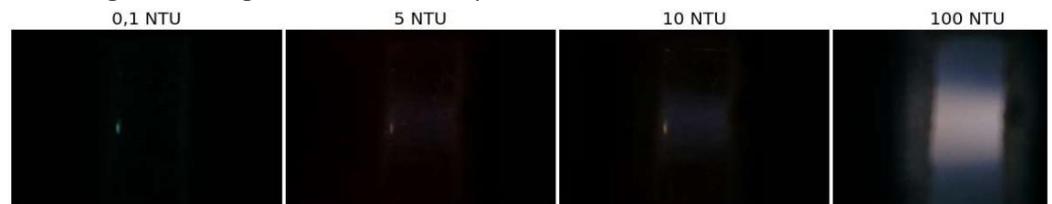
Os métodos estatísticos usados nas análises são o Coeficiente correlacional de Pearson e o cálculo de gradiente. O coeficiente correlacional de Pearson é usado para medir a relação dos dados obtidos com os dados reais, enquanto o gradiente é usado para medição do nível de sensibilidade entre os dados obtidos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### TURBIDEZ

Foram analisados padrões de amostras de água com 0,1; 5; 10 e 100 NTU que são exibidos na figura 5. Foram feitos testes com 3 intensidades de luz diferentes. Cada intensidade de luz é representada pela quantidade de corrente elétrica do LED. Os resultados apresentaram alta correlação e sensibilidade considerável.

Figura 5 – Imagens relacionadas respectivamente as amostras de turbidez



Fonte: Autoria própria (2018).

O quadro 1 apresenta os valores de correlação obtidos durante as análises de turbidez. Nota-se que os melhores resultados foram obtidos em menores correntes, logo, menores intensidades de luz. Isto é benéfico do ponto de vista econômico, pois menores correntes elétricas dissipam menor potência.

Quadro 1 – valores de correlação obtidos em análises de turbidez ( Coeficiente de Pearson ao quadrado)

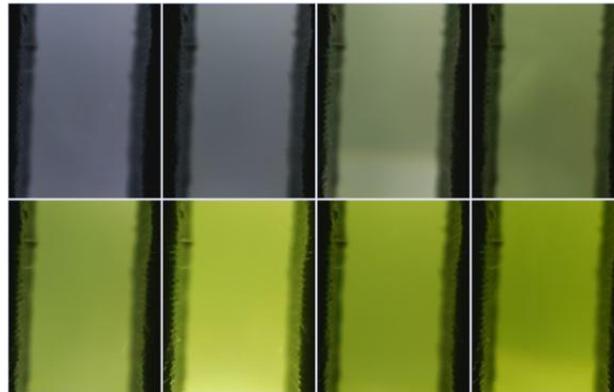
Intensidade	Azul	Verde	Vermelho
3 mA	0,998	0,999	0,999
5 mA	0,994	0,998	0,999
10 mA	0,984	0,991	0,991

Fonte: Autoria própria (2018).

## COR

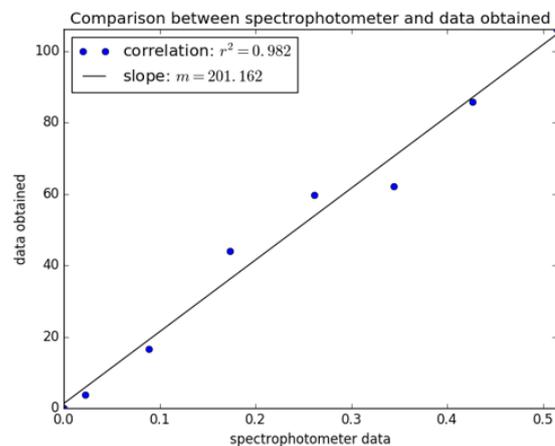
Ainda em fase de teste. Amostras de cloreto de ferro diluído em água foram usadas no teste, variando do incolor até tons de amarelo (Figura 6). O método baseou-se na comparação dos níveis de intensidade de cor identificados com um espectrofotômetro profissional em relação a intensidade obtida por meio do dispositivo. A figura 7 exibe um gráfico com o nível de correlação entre os dados obtidos no dispositivo e dados obtidos em espectrofotômetro.

Figura 6 – Imagens obtidas das amostras de cloreto de ferro diluídas em água, ordenadas, de menor para maior tom de amarelo.



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 7 – Gráfico comparando dados obtidos no dispositivo, com dados obtidos em um espectrofotômetro profissional



Fonte: Autoria própria (2018).

No caso da cor, faz-se necessário maior intensidade de luz na captura das imagens, logo maior corrente elétrica. Os dados obtidos a cima dizem a respeito as análises feitas com corrente elétrica de 15 mA.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os níveis de correlação e de gradiente encontrado nas análises dos níveis de turbidez e de cor foram altos, demonstrando alta linearidade e sensibilidade. Isso mostra que é possível o desenvolvimento de equipamentos para análise de água por imagens com um preço acessível.

Um dispositivo de análise de água de baixo preço traria possibilidade de análise de água em locais mais remotos, assim como seria um potencial para queda de preço em serviços relacionados a água.

Busca-se agora realizar testes em unidades de abastecimento humano, criar biblioteca para relacionar a intensidade de luz com o nível de turbidez e de cor em suas unidades de medida padrão, e aprimorar a estrutura do dispositivo assim como, desenvolver a parte de interação com o usuário.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da PROREC – UTFPR pela oportunidade cedida com a bolsa de inovação.

## REFERÊNCIAS

World health organization (Org.). **Guidelines for Drinking-water Quality: Recommendations**. 3. ed. Geneva: Who Publications, 2004. 515 p.

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18. ed. Washington D.C, 1992. 541 p.

GONZALEZ, Rafael C; WOODS, Richard E. **Processamento Digital de Imagens**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2011. 624 p.