

# DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA NANO-VAZÕES UTILIZANDO INJEÇÃO SEQUENCIAL<sup>1</sup>

Rute Caires Fonseca<sup>2</sup>, Sérgio de Souza Castro<sup>3</sup>

## RESUMO

Os laboratórios de análise tem buscado o desenvolvimento de metodologias que utilizam sistemas automáticos. Os sistemas de análise de fluxo passaram por uma série de transformações com objetivo de facilitar as operações analíticas, minimizar a intervenção humana e simplificar o sistema. O SIA veio como forma de facilitar a implementação dos métodos em fluxo no monitoramento on-line de processos industriais, onde robustez e a calibração automática são exigidas (Ruzicka & Marshall, 1990). Analisadores automáticos estão surgindo e sendo empregados, com sucesso, na análise de diversas substâncias nas mais diferentes matrizes. Essa pesquisa realizou o desenvolvimento e construção de um protótipo de um sistema automatizado para nano-vazões utilizando injeção sequencial.

PALAVRAS-CHAVE: Protótipo, sistema automatizado, nano vazão.

## DEVELOPMENT AND CONSTRUCTION OF A PROTOTYPE OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR NANO-FLOWS USING SEQUENTIAL INJECTION

## ABSTRACT

Analysis laboratories have sought to develop methodologies that use automatic systems. Flow analysis systems have undergone a series of transformations with the aim of facilitating analytical operations, minimizing human intervention and simplifying the system. SIA came as a way to facilitate the implementation of flow methods in the online monitoring of industrial processes, where robustness and automatic calibration are required (Ruzicka & Marshall, 1990). Automatic analyzers are emerging and being used successfully in the analysis of various substances in the most different matrices. This research carried out the development and construction of a prototype of an automated system for nano-flows using sequential injection.

KEYWORDS:

## INTRODUÇÃO

Há o interesse dos laboratórios de análise no desenvolvimento de metodologias que utilizam sistemas automáticos. Entre as razões para isso podemos citar: segurança no manuseio de substâncias químicas, redução de custos assim

---

<sup>1</sup> Fapesb, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia

<sup>2</sup> Discente de Engenharia Ambiental - [rutecairesfonseca@gmail.com](mailto:rutecairesfonseca@gmail.com)

<sup>3</sup> Docente do Departamento de Ciências Exatas e Naturais, [scastro@uesb.edu.br](mailto:scastro@uesb.edu.br)

como em amostras e reagentes, otimização do intervalo de tempo, precisão das análises, etc.(Barrros Gomes et al., 2019) Além disso, como as amostras são manuseadas em sistema fechado, os riscos para o analista e de contaminação das amostras são reduzidos. Normalmente, resultados altamente precisos são obtidos com taxas de transferência de amostra relativamente altas, bem como consumo de reagente e geração de resíduos minimizados.(Fábio R. P. Rocha, 2018).

Esses sistemas têm sido ainda aplicados em vários ramos da indústria como por exemplo: nas indústrias automotivas em, sistemas de injeção eletrônica de combustível em automóveis; nas indústrias farmacêuticas em, micro injeção de componentes; nas indústrias alimentos em, envase e para produção de alimentos líquidos e pastoso e outras.

Analísadores automáticos estão continuamente surgindo e sendo empregados, com sucesso, na análise de diversas substâncias nas mais distintas matrizes.(Barreto, 2012).

Contudo, alguns métodos automático, principalmente os que utilizam braços mecânicos, controlado por um computador para executar as operações analíticas, apresentam desvantagens por ser um sistema com no custo elevado, alta complexidade mecânica e diversas limitações na realização de análises automáticas, além dificuldade na realização de injeções na escala de nano vazão. Assim, o objetivo desse projeto é desenvolvimento e construção de um protótipo de um sistema automatizado para nano-vazões utilizando injeção sequencial.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi desenvolvido no Laboratório de Eletricidade Eletrotécnica e Controle de Processo (LEEC), da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Itapetinga.

Na fase de prototipagem do projeto, realizou a impressão em Impressora 3D todas as peças do sistema mecânico do SAI, cujo desenho industrial foi registrado sob o número BR 302022006620-6 sendo depositado no dia 01/12/2022 e certificação concedida em 28/03/2023. Na sequência foram montadas as peças 3D.

Foi utilizado também um microcontrolador PIC18F4550 da microchip e software em linguagem de programa C++ para o desenvolvimento do firmware do microcontrolador.

Para o protótipo do sistema de controle foi utilizado a plataforma Acepic Base II, com um cristal oscilador de 8kHz.

Para a gravação do firmware no microcontrolador, conectou o cabo USB entre a plataforma Acepic Base II e o computador para enumeração de porta de comunicação serial virtual. O firmware foi ajustado ao sistema mecânico e sistema de controle, aos drives e motores. Assim, o sistema de Injeção sequencial foi montado e calibrado.

### CALIBRAÇÃO O SISTEMA DE INJEÇÃO PARA NANO-VAZÃO

Para a calibração ADO realizou a coleta do deslocamento de 100 dados, utilizando um paquímetro digital. Os dados coletados foram ajustados no firmware sendo gravados: A 200 passos, com o tempo de 5 m/s, 10m/s e 20m/s. A 300 passos, com tempo de 5 m/s e 100 passos com tempo de 5 m/s ( TABELA 1). Todos os dados de calibração do deslocamento foram organizados, conforme mostrado na figura 1.

O deslocamento foi calculado com base na média de todos os testes de deslocamento, conforme equação 01.

$$\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} \quad 01$$

sendo  $\bar{x}$ , o deslocamento médio em  $m$ ,  $X_1 \dots X_n$  os deslocamentos medidos e  $n$  o número de deslocamentos medidos.

A velocidade foi determinada pela equação 02

$$v = \frac{\bar{x}}{\bar{t}} \quad 02$$

onde  $v$  é a velocidade em  $m/s$ , e  $\bar{t}$  é o tempo médio em segundos(s).

A área, em  $m^2$ , foi determinada pela equação 03.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad 03$$

Onde  $D$  é o diâmetro do corpo da seringa em  $m$ .

Para determinar a vazão (Q), em  $m^3/s$ , foi utilizada a equação 04.

$$Q = Av \quad 04$$

Os dados coletados durante a calibração e determinação da nano vazão do sistema de injeção sequencial, foram feitos ajustando-se os passos e o tempo

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 mostra a distribuição os dados de calibração. A tabela 01 mostra os resultados obtidos nos cálculos da vazão. Foi observado que utilizando 200 passos no tempo de 20s, obteve-se um deslocamento de  $6,2e-4m$ , velocidade de  $0,031m/s$  e uma vazão de  $475\mu m^3/s$ . Utilizando 200 passos no tempo de 10s, obteve-se um deslocamento de  $6,3e-4m$ , uma velocidade de  $0,063m/s$  e uma vazão de  $0,928 \mu m^3/s$ .

Ao se utilizar 100 passos no tempo de 5s obteve-se um deslocamento de 0,00063m, velocidade de 0,126m/s e uma vazão de 2,77  $\mu\text{m}^3/\text{s}$ . e utilizando 200 passos no tempo de 5 obteve-se um deslocamento de 9,4e-4m velocidade de 0,188m/s e uma vazão de 1,86  $\mu\text{m}^3/\text{s}$ . utilizando 300 passos no tempo de 5 obteve-se um deslocamento de 9,4e-4 velocidade de 0,188 e uma vazão de 2,77 $\mu\text{m}^3/\text{s}$ .

## CONCLUSÕES/CONSIDERAÇÕES

Com base nas análises dos dados do dispositivo projetado, foi observado que o sistema alcançou a escala da micro vazão no valor de 0,928  $\mu\text{m}^3/\text{s}$  para 200 passos em 10s. Observando a frequência do oscilador, que era de 8kHz, e calculando a seu período, a escala mínima a ser alcançada seria a de micro vazão. Assim para finalizar o projeto será necessário trocar o oscilador com uma frequência maior a fim de obter a escala de nano vazão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barreto, I. S. (2012). Sistema Fluxo-Batelada Monossegmentado: Determinação Espectrofotométrica de Boro em Plantas. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO.

Barrros Gomes, P. R., Mouchrek Filho, V. E., Santos de Oliveira, R. W., Pereira Everton, A., Batista Reis, J., Costa Louzeiro, H., Da Silva Lyra, W., Alves Fontenele, M., & Valeriano Alves, D. T. (2019). Utilização dos métodos automáticos em fluxos com detecção espectrofotométrica na determinação de diclofenaco de sódio em formulações farmacêuticas e fluidos corporais. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacêuticas*, 48(1), 29–43. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v48n1.80063>.

Fábio R. P. Rocha. (2018). Flow Analysis: Looking Back and Forward. *J. Braz. Chem. Soc*, 29(5), 1032–1040. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20180018>

Ruzicka, J., & Marshall, G. D. (1990). Sequential injection: a new concept for chemical sensors, process analysis and laboratory assays. *Analytica Chimica Acta*, 237(C), 329–343. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)83937-9](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)83937-9)

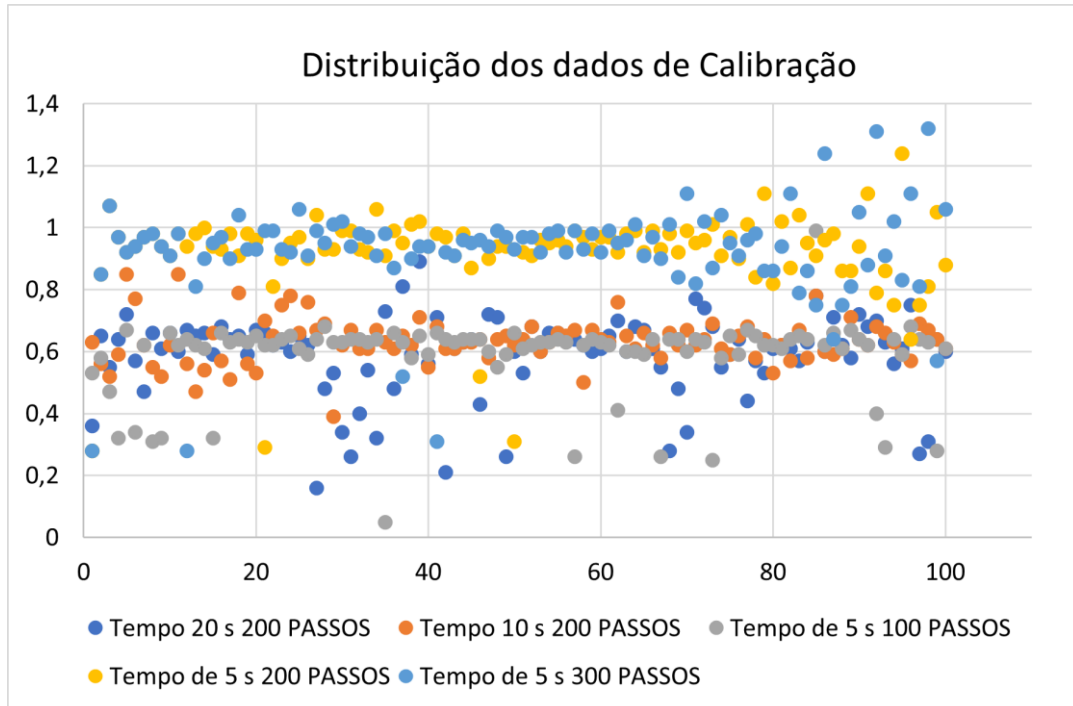
Tabelas e Figuras:

**TABELA 1:** Dados calculados para encontrar a vazão

	200 PASSOS	200 PASSO	100 PASSOS	200 PASSOS	300 PASSOS
Deslocamento (m)	0,00062	0,00063	0,00063	0,00094	0,00094
Tempo (s)	20	10	5	5	5

Velocidade (m/s)	0,031	0,063	0,126	0,188	0,188
Diâmetro (m)	0,00433	0,00433	0,00433	0,00433	0,00433
Área (m <sup>2</sup> )	1,47E-05	1,47E-05	1,47E-05	1,47E-05	1,47E-05
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	4,75E-04	9,28E-07	2,77E-06	1,86E-06	2,77E-06

Fonte: Autores, 2022



Fonte: os autores 2023.