

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

Wilgner Santos<sup>2</sup>, Sérgio de Souza Castro<sup>2</sup>

## RESUMO

É de interesse tanto laboratorial, analítico quanto farmacêutico que sistemas mais precisos sejam apresentados e desenvolvidos, para garantir maior conforto, praticidade, simplicidade e automatização dos processos, uma vez que alguns geram grande demanda de tempo, requerem grandes taxas de precisão ou maiores índices de periculosidade. O presente estudo tem como finalidade, criar, prototipar e viabilizar o uso de um sistema sequencial de nano-vazões a fim de garantir e entregar uma maior precisão, automatização, associados a um controle rigoroso via firmware.

PALAVRAS-CHAVE: firmware, protótipo, nano-vazões.

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

## ABSTRACT

It is of both laboratory, analytical and pharmaceutical interest that more precise systems are presented and developed, to guarantee greater comfort, practicality, simplicity and automation of processes, since some generate great demand for time, require high accuracy rates or higher rates of dangerousness. The purpose of this study is to create, prototype and enable the use of a sequential nano-flow system in order to guarantee and deliver greater precision and automation, associated with rigorous control via firmware.

KEYWORDS: firmware, prototype, nano-flows

## INTRODUÇÃO

A adesão de sistemas autônomos em laboratório tende a ser amplamente utilizada conforme avanços tecnológicos na área tomam condições cada vez melhores e avançam em larga escala. O seu uso se dá unicamente em virtudes de: uso menor de reagentes químicos, aplicação precisa dos compostos uma vez que algumas soluções demandam alta precisão, realização de multitarefas já que algumas análises podem demorar e sua automatização no processo ajuda a agilizar o processo e dividir o foco sem preocupação, providenciam maior segurança (AZEREDO, 2021; BARROS GOMES et al., 2019).

---

<sup>1</sup> Entidade financiadora da pesquisa PIBITI

<sup>2</sup> Estudante de Engenharia Ambiental - [wilgner\\_1999@outlook.com](mailto:wilgner_1999@outlook.com) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

<sup>2</sup> Professor Dr. Sérgio de Souza Castro - [scastro@uesb.edu.br](mailto:scastro@uesb.edu.br) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

Sistemas controladores/reguladores são aplicados em várias áreas de atuação, com a finalidade de reduzir os custos, melhorar sua eficiência, e garantir uma maior segurança, são amplamente utilizados em indústrias automotivas ou veículos que fazem uso de bomba injetora, em indústrias alimentícias para controlar o fluxo de entrada e saída de material e/ou resíduos, entre outras áreas.

Analisadores automáticos estão continuamente surgindo e sendo empregados, com sucesso, na análise de diversas substâncias nas mais distintas matrizes.(Barreto, 2012). O sistema SIA baseia-se nos mesmos princípios dos sistemas de Análise por Injeção em Fluxo (FIA), onde é feita a injeção precisa da amostra, dispersão controlada e tempos de reação com alta repetibilidade (Santos e Masini , 2010).

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. O objetivo do projeto, é obter um sistema com nano vazão, ou seja,  $\text{nm}^3/\text{s}$  onde um volume em escala nanométrica deve passar pelos tubos até a saída da bobina de mistura a cada segundo. Isso se torna possível devido à pequena vazão fornecida pela bomba peristáltica, além dos diâmetros dos tubos e das perdas de carga por pressão, o qual o sistema possivelmente sofrerá.

## 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, posteriormente o mesmo foi trocado por um cristal de 20kHz.

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 DO SISTEMA DE INJEÇÃO PARA NANO-VAZÃO

Para a calibração realizou a coleta do deslocamento de 300 dados, utilizando um paquímetro digital. Os dados coletados foram ajustados no firmware, e com medições de 5 segundos em relógio digital para o deslocamento.

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

$$\bar{d} = \frac{1+2+\dots}{n} \quad 01$$

sendo  $\bar{d}$ , o deslocamento médio em  $m$ ,  $1 \dots$  os deslocamentos medidos e  $n$  o número de deslocamentos medidos.

A velocidade foi determinada pela equação 02

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

onde  $v$  é a velocidade em  $m/s$ , e  $t$  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.

$$Q = v \cdot A \quad 04$$

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

Conforme realização do sistema de calibragem e observando a tabela 1 abaixo, onde os resultados são apresentados, é possível observar que o sistema obteve a nano-vazão. Com base no gráfico 1, onde pode-se ver a distribuição do sistema de calibragem, temos uma ideia de como os dados se comportam.

Observando-se o gráfico de dispersão dos dados, podemos notar que os dados se concentram mais na parte central, entre 20,5 a 21 mm, um dos motivos de discrepância entre os dados pode ser dado em virtude de alguns fatores: erro humano; erro mecânico; erro de calibração do equipamento utilizado no auxílio da medição;

combinação dos erros supracitados. Apesar disso, o mesmo ainda apresentou boa resposta, uma vez que não variou de forma tão alarmante entre os dados obtidos, apesar da baixa confiabilidade apresentada mediante coeficiente de correlação.

### **Trabalhos futuros e recomendações**

Uma vez que a nano-vazão já foi atingida, pode-se prosseguir para o pedido de patente e então realizar a parte final da montagem completa e começar testes mais complexos, como o de mistura de fluidos.

A parte importante a seguir é a de montar uma caixa estruturada que comporta o equipamento e o protegerá, bem como o desenvolvimento do sistema de mistura que pode ser feito com chicanas ou outro método versátil a fim de escolher a melhor técnica para isso.

Estudos sobre a capacidade de formar gotejamento ou efeitos de jato na abertura da seringa por onde o fluido irá passar também é importante, pois a depender da demanda, pode apresentar um resultado diferente do esperado pois a distância percorrida pelo fluido em primeiro momento tende a ser maior seguindo a regra fluidodinâmica. Portanto, uma abertura maior significa efeito gotejante e porventura, menor distância percorrida, outro ponto para isso é diminuir a pressão aplicada ao sistema de injeção, porém com limites, uma vez que mesmo alterando a linha de código, por falta de tecnologia mais avançada, há um limite que os componentes alcançam, não podendo ser ultrapassado sem novas melhorias o que acarreta em maiores custos e maiores pesquisas.

### **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  $60,77e-9 \text{ nm}^3/\text{s}$  para 200 passos em 5s. Observando a frequência do oscilador, que era de 20kHz, e calculando o seu período, a escala mínima a ser alcançada seria a de nano vazão. Dessa forma, a sequência do projeto caminha para as fases finais.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AZEREDO, Nathália Florência Barros. Desenvolvimento de (bio) sensores (nano) estruturados visando a determinação de analitos em amostras farmacêuticas e fluidos biológicos. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

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

Barros 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 Ciências Químico-Farmacêuticas, 48(1), 29–43. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v48n1.80063>.

SANTOS, A .C .V . Masini, J .C. A análise por injeção sequencial (SIA): vinte anos em uma perspectiva brasileira. Quím. Nova 33 (9) • 2010. disponível em : < .<https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000900023>>.

Tabelas e Figuras:

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

	200 PASSOS
Deslocamento (m)	2,06E-02
Tempo (s)	5
Velocidade (m/s)	4,13E-03
Diâmetro (m)	0,00433
Área (m <sup>2</sup> )	1,47E-05
Vazão (m <sup>3</sup> /s)	60,8E-08

Fonte: Autores, 2024

**Imagem 1 -** Valores da distância em função da quantidade de repetições



Fonte: Autores, 2024