



GENOMA COMO PRESERVAÇÃO DA INFORMAÇÃO: POSSIBILIDADES E LIMITAÇÕES

João Vitor Expedito Nunes¹; Pablo Gobira²

INTRODUÇÃO

Estas reflexões são fruto de pesquisas realizadas no grupo de pesquisa, desenvolvimento e inovação Laboratório de Poéticas Fronteiriças (LABFRONT - UEMG/CNPq). O fluxo de dados que precisa ser armazenado de forma duradoura e confiável aumenta exponencialmente no mundo. A forma como esses dados são armazenados pode perder parte da sua eficiência. Questões como durabilidade, espaço físico, duração da informação, capacidade de armazenamento e manutenção sustentável dos processos de preservação da informação devem ser estudadas para tornar a produção de novos dados possível e evitar perdas e riscos. Este trabalho aborda uma alternativa promissora: o uso da molécula de DNA e do código binário para armazenar informações em discos biológicos não dependentes de seres vivos. Essa alternativa se mostra viável para resolver as problemáticas mencionadas, embora o uso ainda seja restrito. Desse modo, propomos uma discussão acerca da metodologia da técnica, suas funcionalidades, relações com os problemas que cercam os métodos atuais, os avanços realizados na área e suas limitações. Este trabalho pretende ser uma fonte de divulgação sobre o tema e também como um agregador bibliográfico e conceitual da técnica. A perspectiva de uma forma mais potente, duradoura e que demanda menos energia e matérias primas que geram impactos ambientais para serem obtidas conversam diretamente com pautas cada vez mais importantes da sociedade e que vão além da preservação de dados e informações.

OBJETIVOS

Este trabalho busca desenvolver um conteúdo informativo sobre a técnica emergente da armazenagem de dados utilizando DNA sintético, além de fazer uma junção de trabalhos já desenvolvidos na área e agrupar perspectivas e possibilidades sobre a técnica e a partir disso propor observações e comparações tanto do estado atual da técnica comparada com metodologias atuais quanto das perspectivas futuras e limitações a serem vencidas adiante, além também de correlacionar a preservação com questões ambientais.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi o levantamento bibliográfico em bancos de dados, veículos comunicacionais e utilizando a metodologia exploratória acerca da técnica e das suas implicações.

CONCLUSÃO

O uso de DNA sintético não busca substituir totalmente as técnicas atuais no armazenamento de dados, mas sim somar esforços com o que já existe e unir forças para garantir a preservação das informações e dados gerados e a serem gerados, a técnica oferece uma melhora em diversas áreas além de oferecer um mecanismo de segurança e de alívio para problemas que temos hoje ligados a preservação digital e a manutenção da possibilidade de continuar armazenando dados e propagando o conhecimento da sociedade. Agradecemos o apoio da FAPEMIG concedido para a apresentação deste trabalho assim como para a pesquisa da qual resultou.

RESULTADOS

O trabalho demonstra que o uso do DNA sintético como forma de armazenamento de dados digitais possui diversos benefícios e vantagens quando comparado com as metodologias. Aspectos ambientais, de espaço físico, praticidade e durabilidade são os mais significativos. A combinação da união das bases nitrogenadas com código binário oferece uma possibilidade que não necessita de grande quantidade de metais que devem ser extraídos do meio-ambiente e ainda oferece um menor uso de espaço físico, também demonstra que não seria necessário o uso de sistemas de resfriamento, demandando menos energia, e não necessitaria de troca no mesmo espaço de tempo que as metodologias atuais, uma vez que a molécula de DNA poderia em tese durar alguns milhares de anos. O trabalho também abordou as limitações que a técnica oferece atualmente, sendo ainda uma tecnologia ainda pouco difundida, embora essa questão esteja ligada diretamente com o avanço da tecnologia e deve ser o primeiro a ser superado, e a limitação da velocidade de acesso aos dados armazenados, a discussão das limitações aborda tanto aquelas com possibilidade de serem vencidas quanto algumas que parecem inerentes a técnica.

| LIMITES DE ARMAZENAMENTO | | | |
|--|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Estimativas baseadas na genética de bactérias sugerem que o DNA digital pode competir ou superar a tecnologia de armazenamento atual | | | |
| Velocidade de Escrita-leitura (µs por bit) | Disco Rígido ~3,000-5,000 | Memória Flash ~100 | DNA Bacteriano <100 |
| Retenção de dados (Anos) | >10 | >10 | >100 |
| Uso de energia (watts por gigabyte) | ~0.04 | ~0.01-0.04 | <10 ⁻¹⁰ |
| Densidade de Dados (bits por cm ³) | ~10 ¹³ | ~10 ¹⁶ | ~10 ¹⁹ |

MASSA DE DNA NECESSÁRIA PARA ARMAZENAR TODOS OS DADOS DO MUNDO
~1 kg
©nature

Figura 1. Comparação de métodos clássicos com armazenamento em DNA.

REFERÊNCIAS

- ANTKOWIAK, P. L. et al. Low cost DNA data storage using photolithographic synthesis and advanced information reconstruction and error correction. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, 22 out. 2020.
- AHART, J. Armazenamento de Dados em DNA - MIT Technology Review. Disponível em: <<https://mittechreview.com.br/armazenamento-dados-dna-celulas/>>. Acesso em: 6 fev. 2025.
- AKASH, Aman; BENCUROVA, Elena; DANDEKAR, Thomas. How to make DNA data storage more applicable. *Trends in Biotechnology*, [S.L.], v. 42, n. 1, p. 17-30, jan. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tibtech.2023.07.001>.
- GOLDMAN, Nick; BERTONE, Paul; CHEN, Siyuan; DESSIMOZ, Christophe; LEPROUST, Emily M.; SIPOS, Botond; BIRNEY, Ewan. Towards practical, high-capacity, low-maintenance information storage in synthesized DNA. *Nature*, [S.L.], v. 494, n. 7435, p. 77-80, 23 jan. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature11875>
- PANDA, D. et al. DNA as a digital information storage device: hope or hype? *3 Biotech*, v. 8, n. 5, 1 maio 2018.
- SILVA, Pavani Yashodha de; GANEGODA, Gamage Upeksha. New Trends of Digital Data Storage in DNA. *Biomed Research International*, [S.L.], v. 2016, p. 1-14, 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8072463>.
- XU, Chengtao; ZHAO, Chao; MA, Biao; LIU, Hong. Uncertainties in synthetic DNA-based data storage. *Nucleic Acids Research*, [S.L.], v. 49, n. 10, p. 5451-5469, 9 abr. 2021. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/nar/gkab230>.

¹ Graduando da Universidade Federal de São João del-Rei. Dona Lindu. Bolsista FAPEMIG, contato: ojoaovitornunes@gmail.com.

² Doutor e professor da Universidade do Estado de Minas Gerais, Escola Guignar. Contato: pa.gobira@gmail.com.